

Modelstudies aangaande de verbetering van de bevaarbaarheid van de Schelde*

ir. A. STERLING,

Hoofdingenieur-Direkteur van Bruggen en Wegen,
Direkteur van het Waterbouwkundig Laboratorium te Borgerhout



Ir. A. Sterling, Burgerlijk Bouwkundig Ingenieur, Vrije Universiteit Brussel, 1951. Van 1951 tot 1957: ingenieur van Bruggen en Wegen, belast met de Dienst voor Hydrologisch Onderzoek bij het Centraal Bestuur der Waterwegen. In 1958 bevordert tot Hoofdingenieur-Direkteur van Bruggen en Wegen, belast met de leiding van het

Waterbouwkundig Laboratorium te Borgerhout. Dit instituut stelt ongeveer 80 personen te werk, waaronder 10 burgerlijk ingenieurs. Docent aan de Vrije Universiteit van Brussel (kursus: algemene hydraulika). Geassocieerde van het Nationaal Belgisch Komitee voor Geodesie en Geofysika.

1. INLEIDING

Het Laboratorium van Borgerhout is een Staatsinstelling die afhangt van het Centraal Bestuur der Waterwegen en belast is met het onderzoek, door middel van modellen op kleine schaal, van de waterbouwkundige werken welke dit Beheer zich voorstelt uit te voeren en met de theoretische studies die ermee verband houden. Gelijkaardige opdrachten worden ook door het Laboratorium uitgevoerd voor rekening van andere besturen of van private instellingen.

De voornaamste vraagstukken die verband houden met de haven van Antwerpen werden door het Laboratorium onderzocht.

Een aantal theoretische studies werden door berekening uitgevoerd. Hieronder kunnen vermeld worden de invloed van het sluiten der Zeegaten (het Deltaplan) (fig. 1) op de toegangseulen van de Schelde en de getijproblemen die zich stellen op de Schelde-Rijnverbinding door de hals van Sint-Philipsland (fig. 2).

* Voordracht gehouden te Antwerpen op 18-2-1966 voor het Genootschap Civiele Techniek van het Technologisch Instituut K.V.IV

Het modelonderzoek had betrekking op :

- de studie van het regime der getijden op een groot model van het Scheldebekken ;
- de voedingsinrichtingen van de Boudewijnsluis en de nieuwe sluis van Zandvliet, met voor deze laatste de middelen aan te wenden om de verzouting van het water der dokken tegen te werken (fig. 3) ;
- het zinken der elementen van de in uitvoering zijnde tunnel op de E3 (fig. 4) ;
- de ingewikkelde bewegingen van het fijnzand waaruit de bodem van de Schelde bestaat en in dit verband het bepalen van de beste plaatsen voor het storten der



Fig. 1. Deltagebied met de afsluitingen voorzien in het Deltaplan

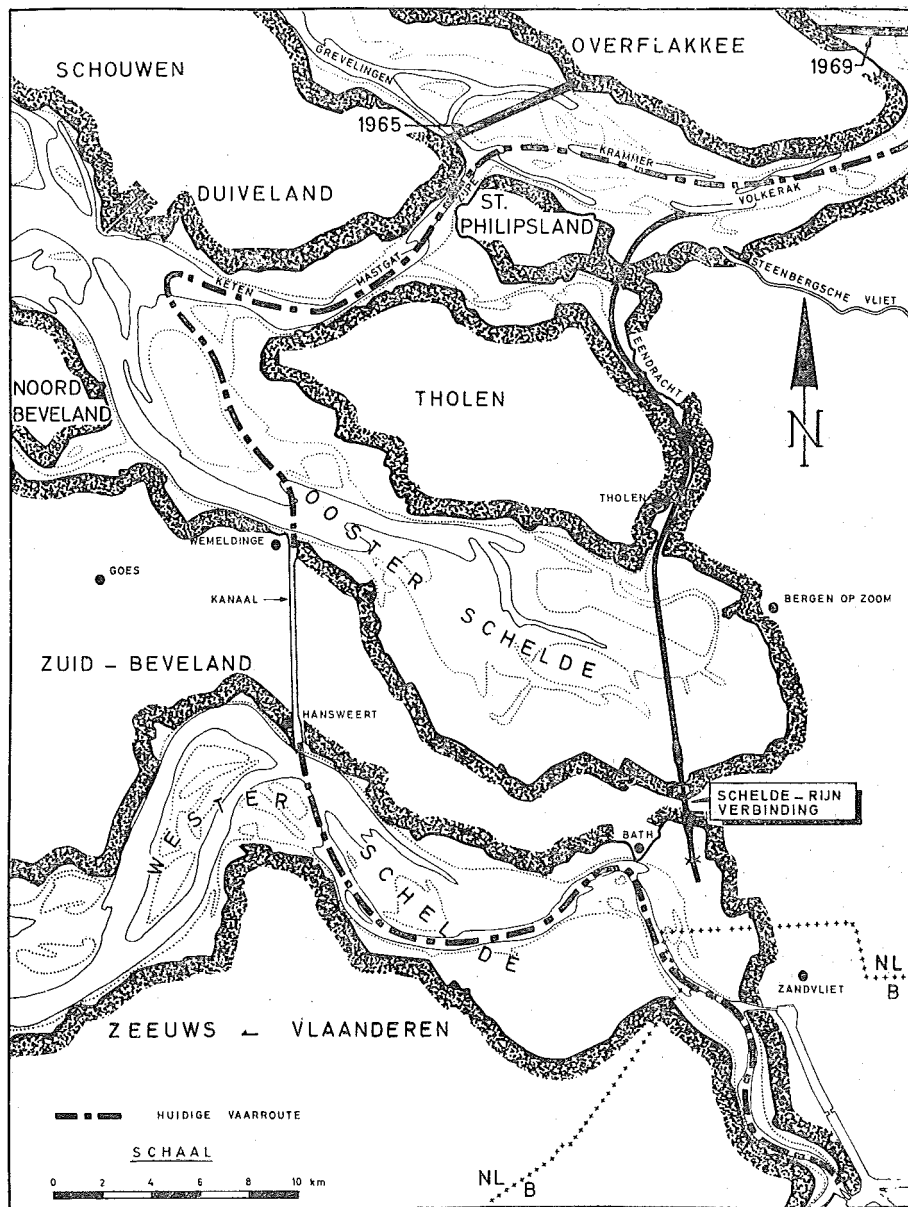


Fig. 2. De Schelde-Rijnverbinding

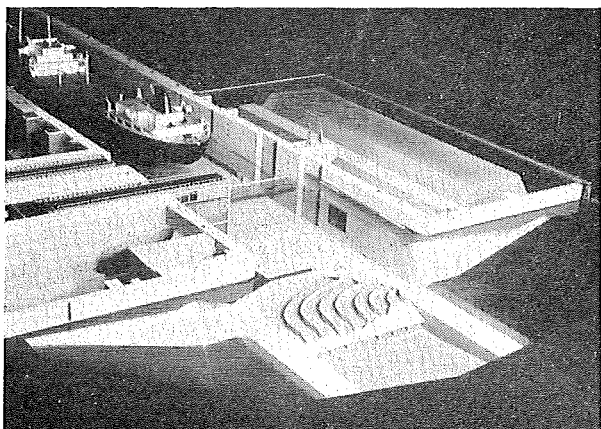


Fig. 3. Maquette van de nieuwe sluis van Zandvliet met de inrichting om de verzouting van het water der dokken tegen te werken

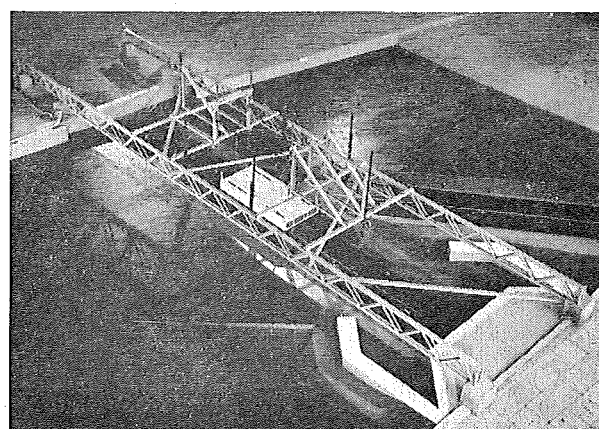


Fig. 4. Model voor de studie van het zinken der elementen van de E3-Scheldetunnel

specie die gebaggerd wordt op de Nederlandse drempels (fig. 5);
— de ontneming en de restitutie van het koelwater voor een elektrische centrale die op de Linkeroever afwaarts van Antwerpen zal gebouwd worden.

Doch het zijn de modelstudies voor de verbetering van de bevaarbaarheid van de Schelde, die dienen te worden uitgevoerd ten gevolge van het steeds toenemen der afmetingen van de zeeschepen, welke het grootste gedeelte van de activiteit van het Laborato-

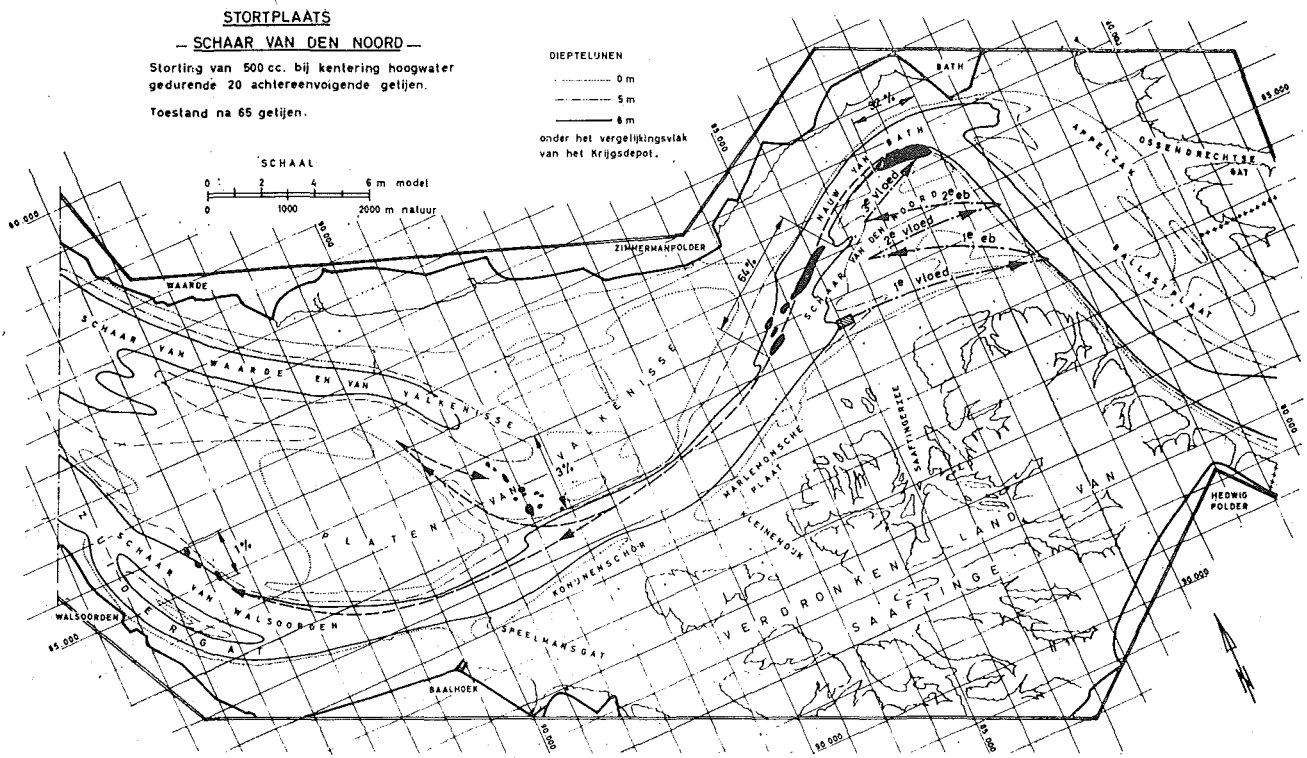


Fig. 5. Schelde — Bewegingen van de baggerspecie in de Schaar van de Noord gestort

rium tijdens deze laatste jaren in beslag genomen hebben.

In dit verband schijnt het niet overbodig eerst enige algemeenheden aangaande het regime van de Schelde in herinnering te brengen.

2. HET REGIME VAN DE SCHELDE

De Schelde, die op Nederlands grondgebied eerder de gedaante van een zeearm heeft, neemt pas vanaf de Belgische grens de vorm aan van een rivier met onge-

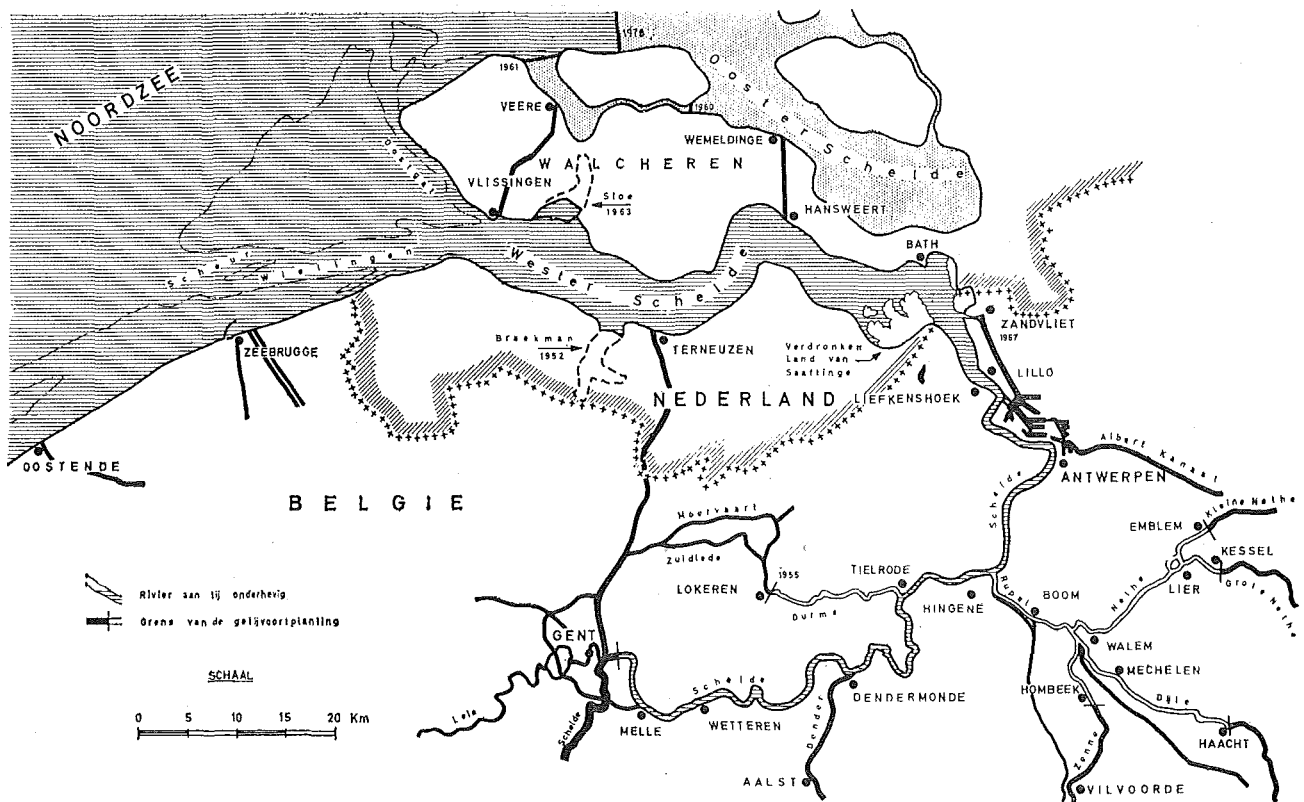


Fig. 6. Het aan getij onderhevige Scheldebekken

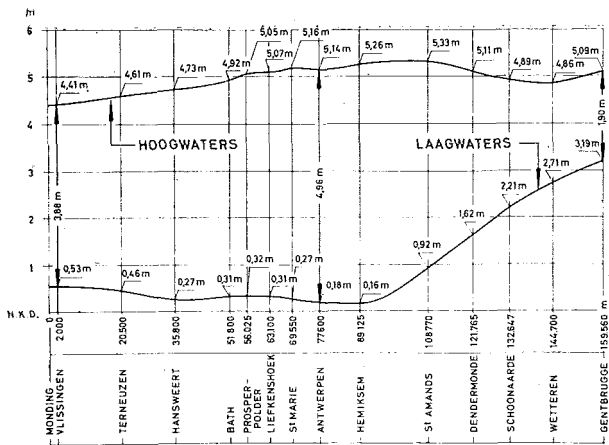


Fig. 7. Schelde — Meetkundige plaats van hoog- en laagwater van het gemiddeld getij 1960

veer gelijklopende dijken zoals fig. 6 het aantoont. Het Scheldebekken is gekenschetst door een klein bovendebiet.

Het getij plant zich voort op de rivier vanuit de monding te Vlissingen tot Gentbrugge waar het door een stuw tegengehouden wordt. Het plant zich eveneens voort op de Rupel, de Beneden-Nete, de Grote Nete en de Kleine Nete, de Dijle, de Zenne en ook de Durme.

1. N.K.D. (vergelijkingsvlak der cota's) betekent: Nul Krijgs-depot.

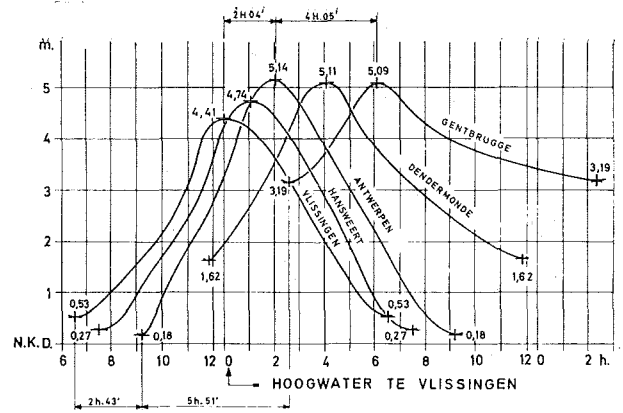
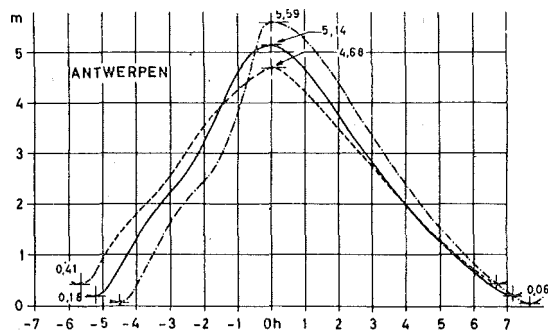
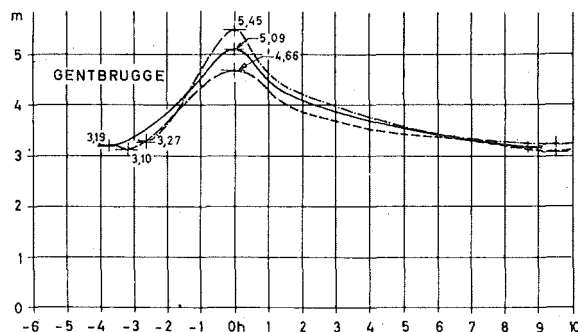
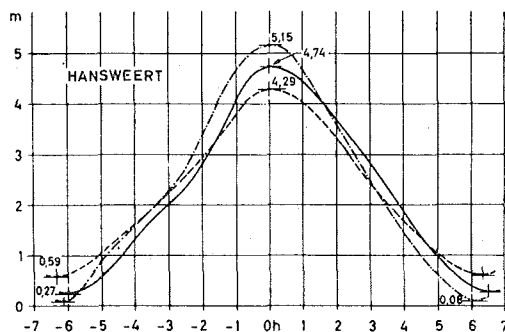
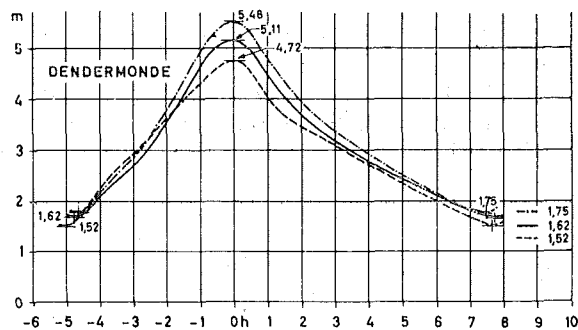
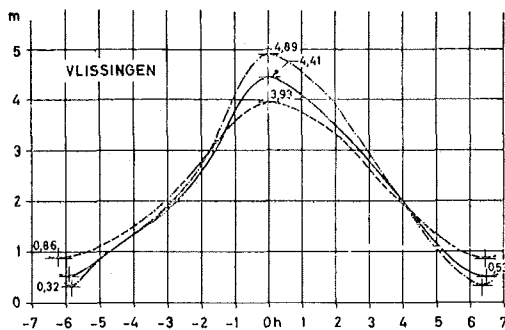


Fig. 8. Schelde — Gemiddeld getij 1960. Plaatselijke getijkrommen

Fig. 7 geeft de meetkundige plaats aan van hoog- en laagwater langs de Schelde voor het gemiddeld getij van het jaar 1960¹, dit is het rekenkundig gemiddelde van al de getijden die zich gedurende dat jaar voorgedaan hebben.

Om de voortplanting van het getij aanschouwelijk te maken geeft fig. 8 de plaatselijke gemiddelde krommen aan voor Vlissingen, Hansweert, Antwerpen, Dendermonde en Gentbrugge.

Men bemerkt dat het tijverschil, dat in Vlissingen 3,87 m bedraagt, tot 4,96 m stijgt in de streek van Antwerpen. Te Gent is het tijverschil nog 1,90 m (fig. 7).



--- Gemiddeld doottij 1960
 — Gemiddeld getij 1960
 -.- Gemiddeld springtij 1960

Fig. 9. Schelde — Lokale getijkrommen van gemiddeld doottij en gemiddeld springtij (1960)

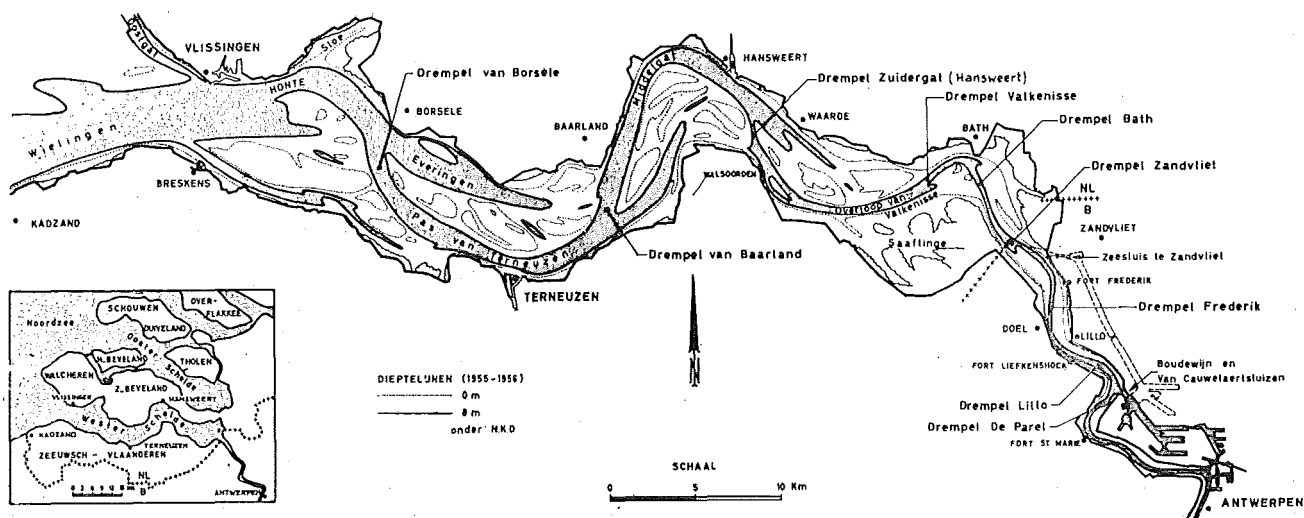


Fig. 10. De Schelde van Vlissingen tot Antwerpen met aanduiding der drempels

Het hoogwater heeft 2 u. 04 min. nodig om vanuit Vlissingen Antwerpen te bereiken. Tussen Antwerpen en Gent is het tijdsverschil voor hoogwater 4u.05 min. Voor het laagwater worden deze cijfers respectievelijk 2 u. 43 min. en 5 u. 51 min. (fig. 8).

De fig. 9 geeft ter vergelijking ook voor elk der vijf hoger genoemde plaatsen de plaatselijke krommen van gemiddeld dood- en springtij voor het jaar 1960. Door vloeddebiet verstaat men het totale volume water dat gedurende een vloed opwaarts vloeit; te Vlissingen is dit ongeveer 1 miljard m³ en te Antwerpen nog 63 miljoen m³ voor het gemiddelde getij.

Fig. 10 geeft de loop der Schelde van Vlissingen tot Antwerpen weer.

3. DE OP TE LOSSEN VRAAGSTUKKEN

Tot het begin van deze eeuw waren de enige maatregelen die dienden genomen te worden om de bevaarbaarheid van de rivier te verzekeren, een behoorlijke bebakening en verlichting. Inderdaad, de natuurlijke diepten op de verschillende drempels der Schelde waren steeds ongeveer 6,50 m à 7 m onder laag water, hetgeen toeliet aan de grote schepen, van die

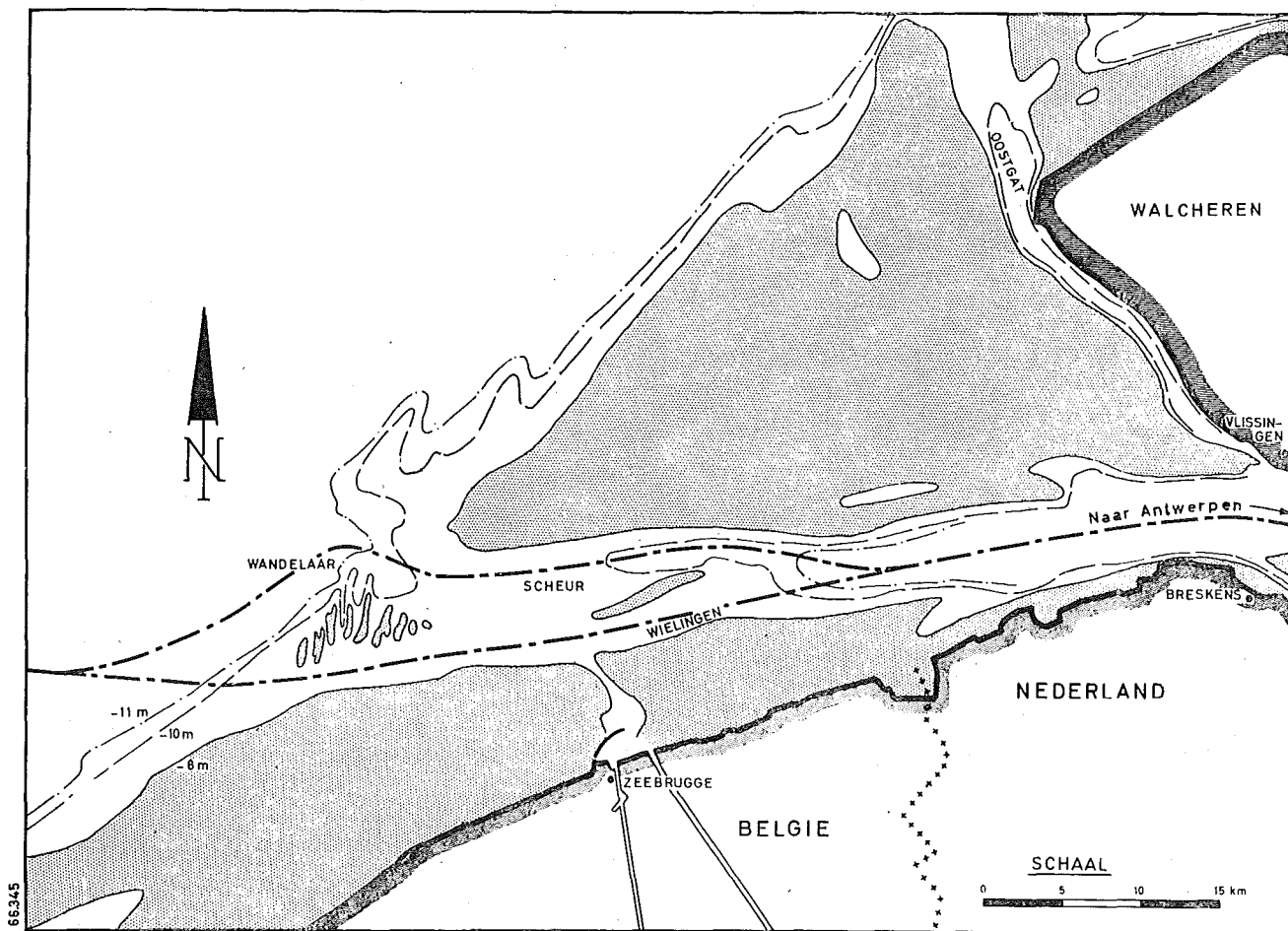


Fig. 11. Toegangsgeulen tot de Schelde

tijd, met opkomend tij Antwerpen te bereiken.

Doch ten gevolge van het stijgen der afmetingen van de schepen is het noodzakelijk geworden baggerwerken uit te voeren op de verschillende drempels opwaarts van Hansweert, nl. deze van Hansweert, Valkenisse, Bath, Zandvliet, Frederik en Lillo enz.

Daar de baggerwerken in de Schelde geen blijvende uitwerking hebben, moet er steeds opnieuw gebaggerd worden en daar de afmetingen der schepen blijven stijgen, wordt het jaarlijks te verwijderen volume steeds groter. Op het huidige ogenblik bedraagt dit volume 8 500 000 m³.

Terloops weze vermeld dat het ook nodig is gebleken tussen te komen in de Noordzee, in de toegang der Schelde. De door de scheepvaart gebruikte Wielingen dienden te worden verdiept, doch het bleek dat een uitdieping van het Scheur veel minder baggerwerk eisen zou. Deze laatste geul werd dan ook verdiept en bebakend in vervanging van de Wielingen (fig. 11). De krachtsinspanningen die dienen te worden geleverd om de bevaarbaarheid der Schelde voor zeer grote

schepen te verzekeren, worden zo belangrijk dat verbeteringswerken aan de rivier zich opdringen.

Eerst komt in aanmerking de verbetering in de omgeving van de nieuwe sluis te Zandvliet. Doch de belangrijkste werken zullen dienen te worden uitgevoerd in de omgeving van Bath en van Walsoorden, dit is op Nederlands grondgebied. De beslissingen aangaande deze werken en hun uitvoering moeten dus in akkoord met Nederland genomen worden.

4. HET SCHELDEMODEL

Een groot model van de Schelde werd in het Laboratorium gebouwd (fig. 12). Het stelt de loop van de rivier voor van Hansweert tot aan de sluisen van de haven van Antwerpen op schaal 3/1000 voor de horizontale afmetingen en 1/100 voor de hoogten.

De lengte van dit model is aldus ongeveer 100 meter, hetgeen overeenkomt met een 30-tal km in de natuur. De getijhoogten worden automatisch verwezenlijkt, elk ogenblik, aan de beide uiteinden van het model. De bodem, die beweegbaar is in de te bestuderen omgeving, bestaat uit polystyreenkorrels. Om de beweeg-

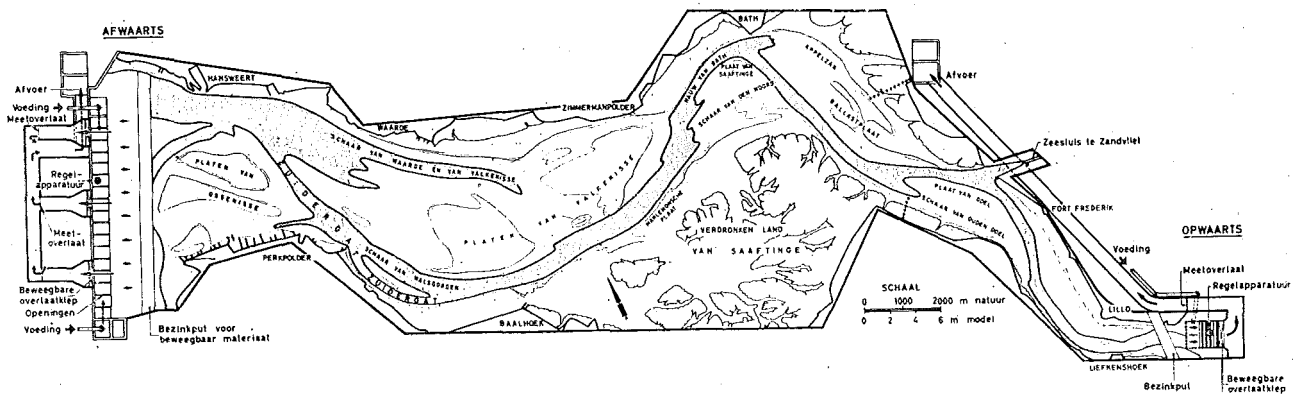


Fig. 12. Het model der Schelde van Hansweert tot aan de toegangssluisen van de haven van Antwerpen

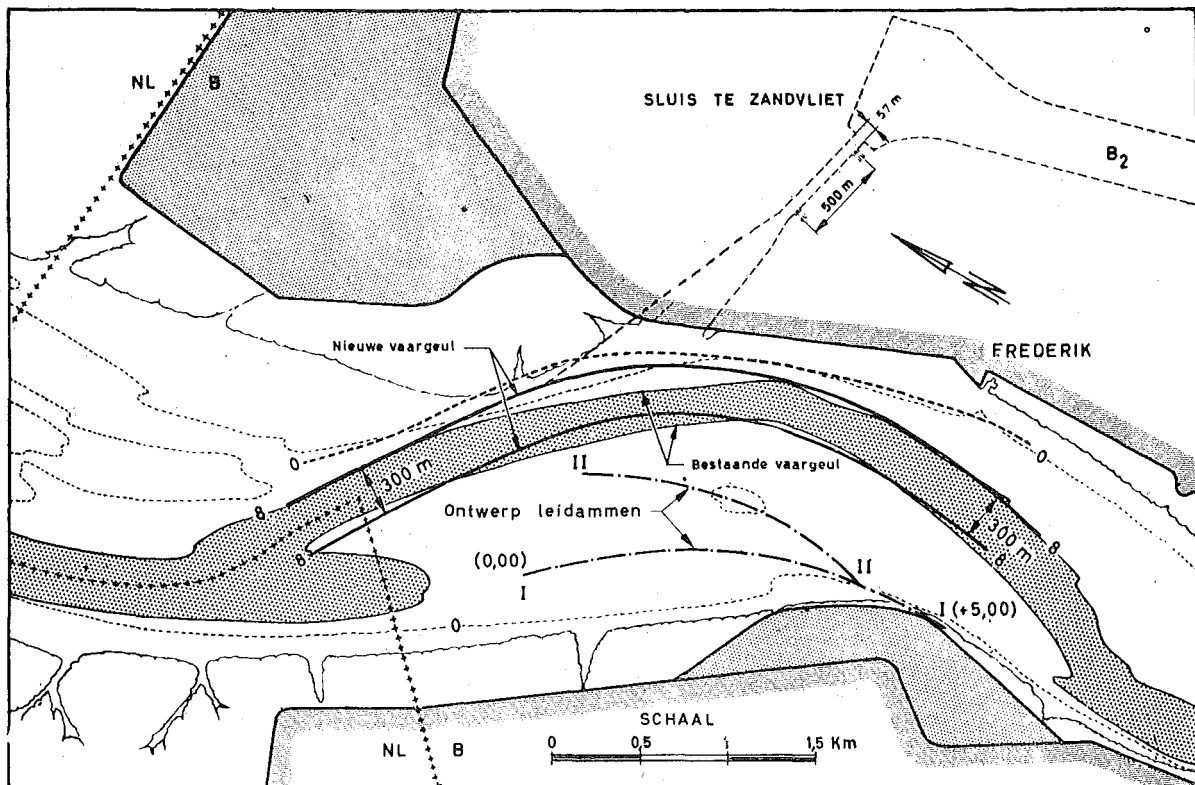


Fig. 13. Schelde — Verbetering van de omgeving van de nieuwe sluis te Zandvliet. Oorspronkelijk ontwerp

baarheid van deze korrels te vergroten, werd het verschil tussen de densiteit van de korrels en de densiteit van het water verminderd door toevoeging van natriumcarbonaat aan dit water.

Op dit model werden achtereenvolgens de verbeteringswerken op de nieuwe sluis van Zandvliet en in de omgeving van Bath bestudeerd.

5. VERBETERING VAN DE OMGEVING VAN DE NIEUWE SLUIS TE ZANDVLIET

De bouw van deze sluis brengt mede dat de rechteroever van het vaarwater over een zekere lengte onderbroken wordt, hetgeen ongetwijfeld zekere wijzigingen in de konfiguratie van de rivierbedding zou teweegbrengen. Het doel der studie was bijgevolg:

— Na te gaan welke invloed deze onderbreking in de oever zal hebben op het behoud van het vaarwater in de omgeving van de toegangsgeul tot de sluis.

— Middelen te bestuderen welke de ongunstige weerslag op het behoud van het vaarwater zouden te keer gaan.

— Met behulp van zekere kalibreringswerken de vaargeul in de omgeving van de toegangsgeul te verbeteren.

Het ontwerp dat desaangaande opgesteld werd, is weergegeven in fig. 13.

Het vak van het grote Scheldemodel dat in beweegbare bodem aangebracht werd, strekte zich uit van de Nederlandse grens tot Lillo.

Het getij waarmede gewerkt werd was een springtij. De proeven hebben tot het volgend algemeen besluit geleid:

— Een aanzienlijke verbetering van het vaarwater in de omgeving van de toegangsgeul der zeesluis wordt verkregen door het uitvoeren der normalizatie van de

rechteroever van het vaarwater die in het ontwerp (fig. 13) voorzien was.

— Een breedte van 300 m tussen de 8,00 onder NKD dieptelijnen in de omgeving van de sluis wordt echter slechts bekomen door, te samen met de hierboven vermelde normalizatie, de ingang der toegangsgeul op 600 m breedte te brengen.

Aldus werden de werken, door het Waterbouwkundig Laboratorium voorgesteld, diegene die door fig. 14 aangegeven worden.

Daarna werd de studie der verbetering van de omgeving van Bath ondernomen. Daar echter de werken in de bocht van Walsoorden (fig. 15) een even dringend karakter hadden en het bezwaarlijk was dit tweede vraagstuk terzelfdertijd op het grote Scheldemodel te onderzoeken, werd besloten, om tijd te winnen, een afzonderlijk model van de bocht van Walsoorden te bouwen.

We zullen nu eerst deze laatste studie bespreken.

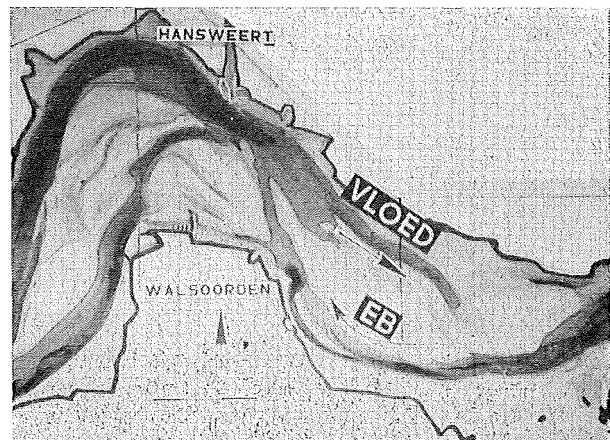


Fig. 15. Schelde — Maquette van de Bocht van Walsoorden

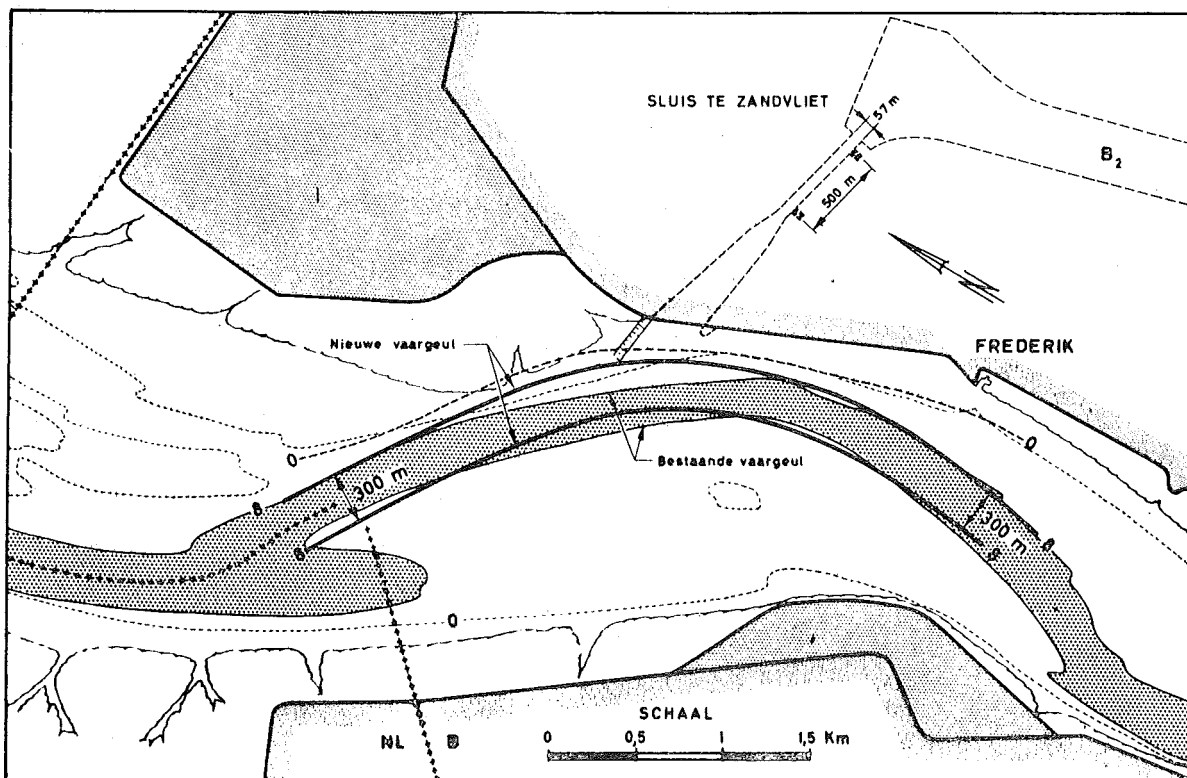


Fig. 14. Schelde — Verbetering van de omgeving van de nieuwe sluis te Zandvliet. Voorgesteld ontwerp

6. VERBETERING VAN DE BOCHT VAN WALSOORDEN

1. Kenmerken van deze omgeving

Het openbaggeren van de Schaar van Walsoorden in 1951 heeft de scheepvaart bij de berm van Walsoorden aanzienlijk vergemakkelijkt. Sedertdien heeft het vaarwater zich geleidelijk naar de linkeroever verplaatst, hetgeen wel te verwachten was, daar de vroegere

evolutie in dezelfde zin geschiedde, doch het tempo met hetwelk deze verplaatsing gebeurde was nu verassend snel. Op het huidige ogenblik is de plaat, die de nieuwe vaargeul van de oude scheidde, helemaal verdwenen. Fig. 16 geeft de evolutie van 1949 tot 1961. Nu reeds steekt de berm van Walsoorden, ten opzichte van het bebakende vaarwater opwaarts van de berm gelegen, te ver vooruit, zodat het vaarwater te bochtig wordt.

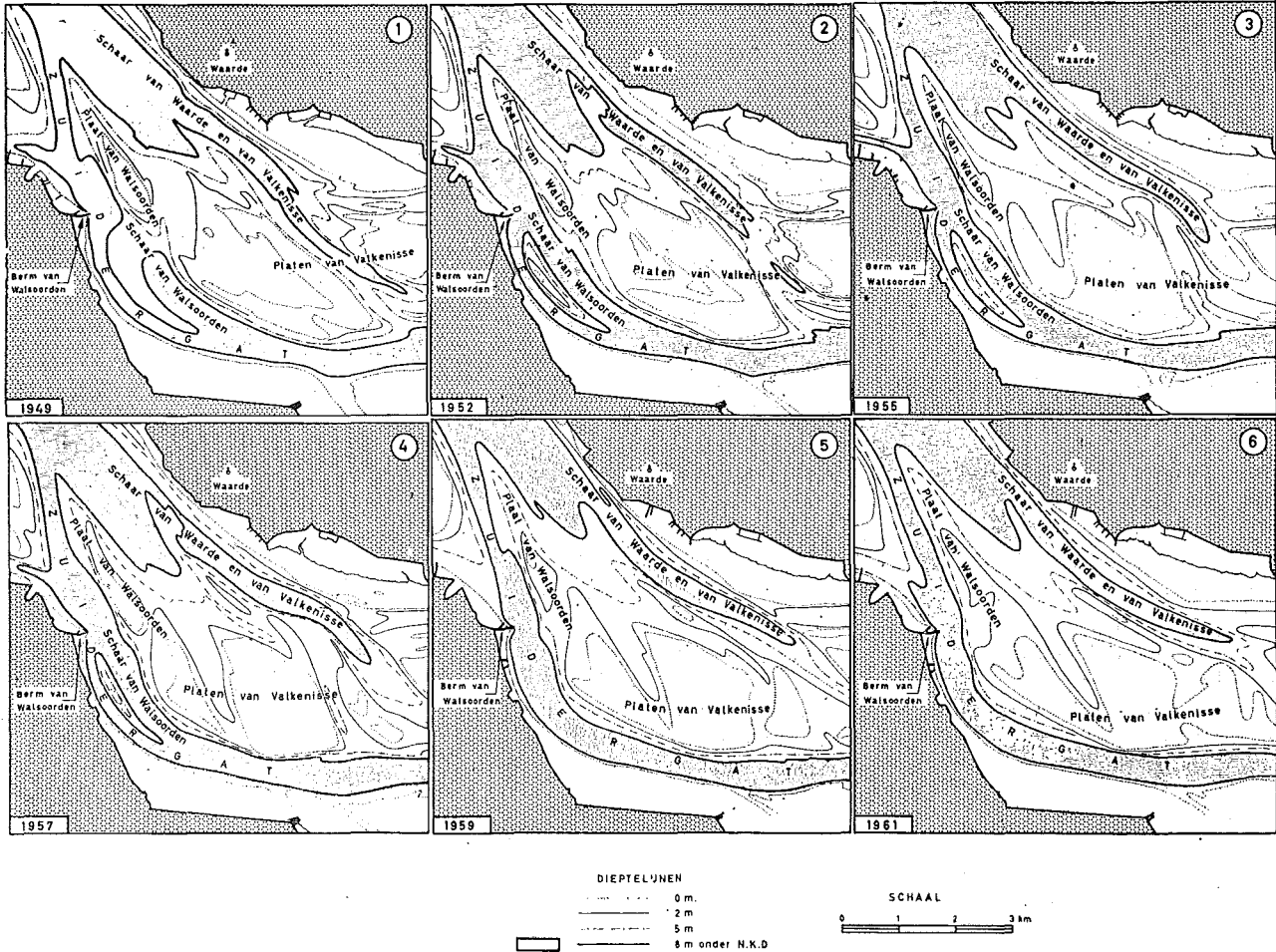


Fig. 16. Schelde — Bocht van Walsoorden. Evolutie 1949-'61

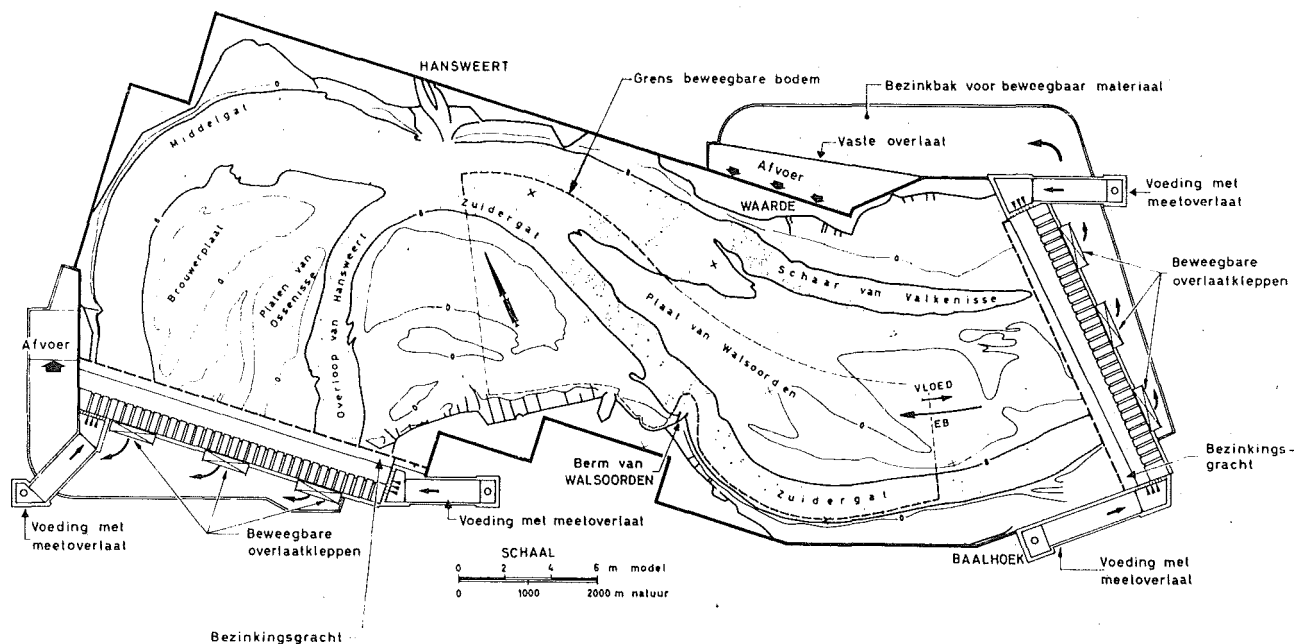


Fig. 17. Schelde — Model van de Bocht van Walsoorden

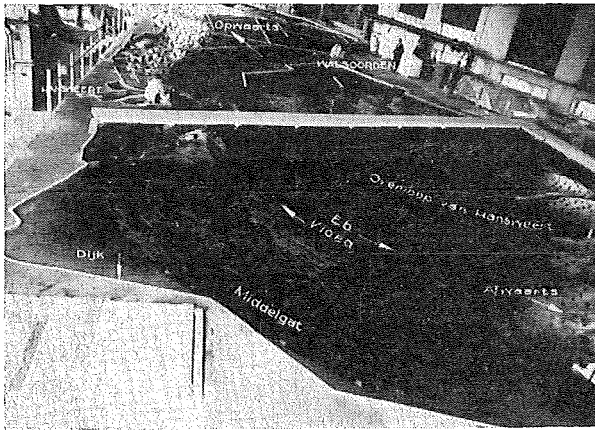


Fig. 18. Schelde — Zicht op het model van de Bocht van Walsoorden

Het is te voorzien dat het vaarwater in de toekomst nog geleidelijk gaat vernauwen door het blijvend uitwerken naar het westen toe van de Platen van Valkenisse, hetgeen de toestand nog aanzienlijk zal verslechteren.

Het is dus nodig verbeteringswerken te bestuderen ; tevens dient de weerslag van deze werken op de drempel van Hansweert te worden onderzocht.

2. Het model

Daar het gedeelte van de rivier bij Walsoorden dat in model moet gebracht worden (fig. 17), betrekkelijk kort is, wordt het mogelijk de proeven uit te voeren met opeenvolgende permanente vloed- en ebstromen.

Het model heeft de volgende schalen : horizontaal 3/1000, vertikaal 1/80. Als beweegbaar materiaal wordt fijn bakeliet gebruikt (dichtheid 1,35 ; gemiddelde diameter 0,35 mm). Fig. 18 geeft een zicht op het model.

3. De bestudeerde ontwerpen

Deze zijn samen met de huidige toestand op fig. 19 aangegeven. Het zijn :

Ontwerp 1 : de berm van Walsoorden volledig weggenomen ;

Ontwerp 2 : de berm volledig behouden en een vijftal kribben uitgebouwd opwaarts van de berm ;

Ontwerp 3 : de berm gedeeltelijk ingekort.

Op deze figuur zijn de dieptelijnen gegeven ten opzichte van het Nederlands vergelijkingsvlak NAP, hetgeen 2,40 m boven NKD ligt.

4. Uitslagen der proeven

Voor de beoordeling van de verschillende ontwerpen waren vooral drie punten van belang : het stroombeeld ter plaatse van de berm, de diepten op de drempel van Hansweert en de oeveraanval afwaarts van de berm. Ontwerpen 1 en 3 zijn gelijkwaardig voor wat de verbetering van het stroombeeld betreft.

Met ontwerp 2 ontstaan belangrijke draaikolken aan de koppen der kribben.

De tendens tot verdieping van de drempel van Hansweert is zeer uitgesproken bij ontwerp 3, hetgeen blijkt uit de vergelijking der dieptelijnen van de huidige toestand met die van ontwerp 3 (fig. 20). Bij ontwerpen 1 en 2 is dit veel minder het geval.

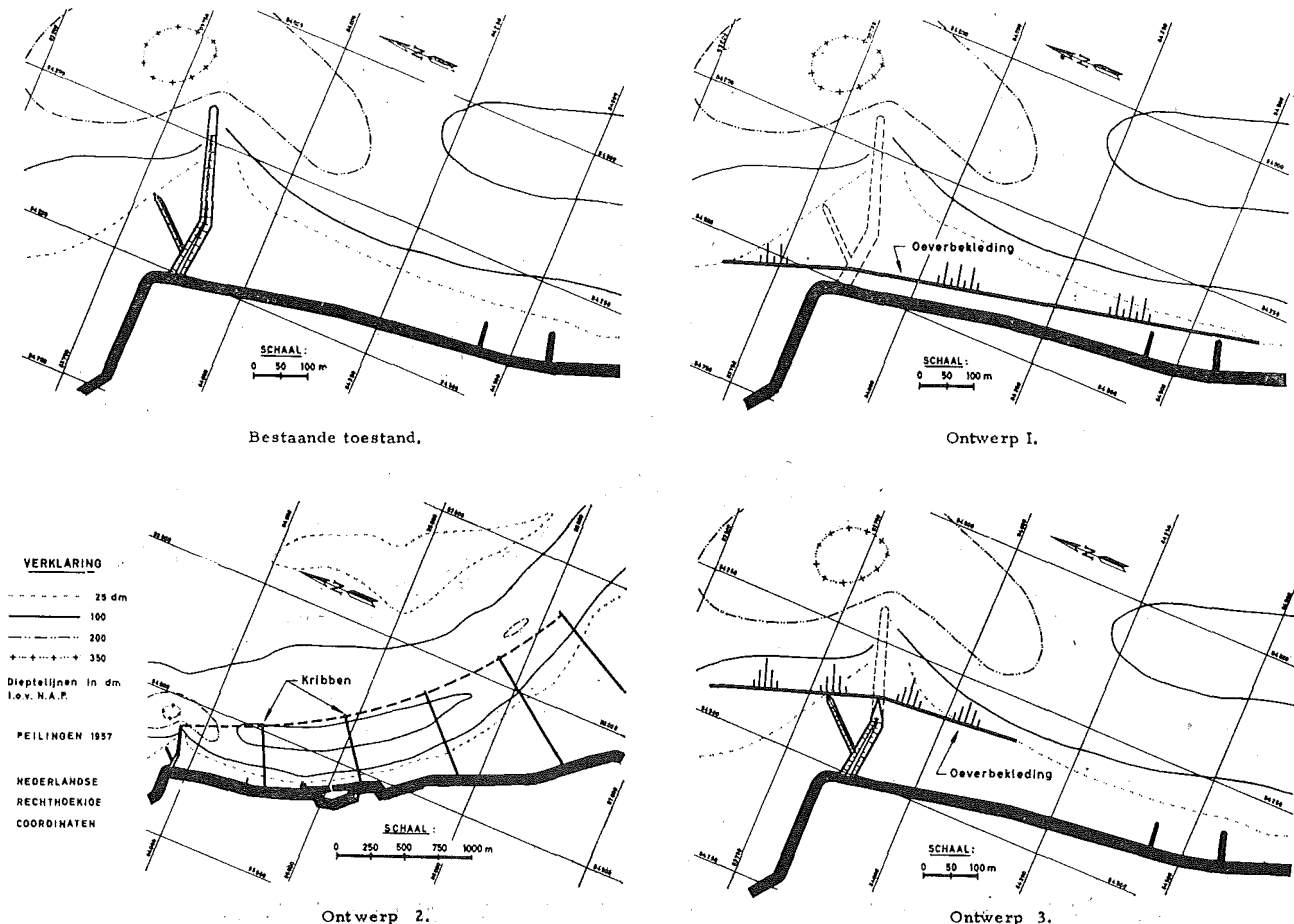
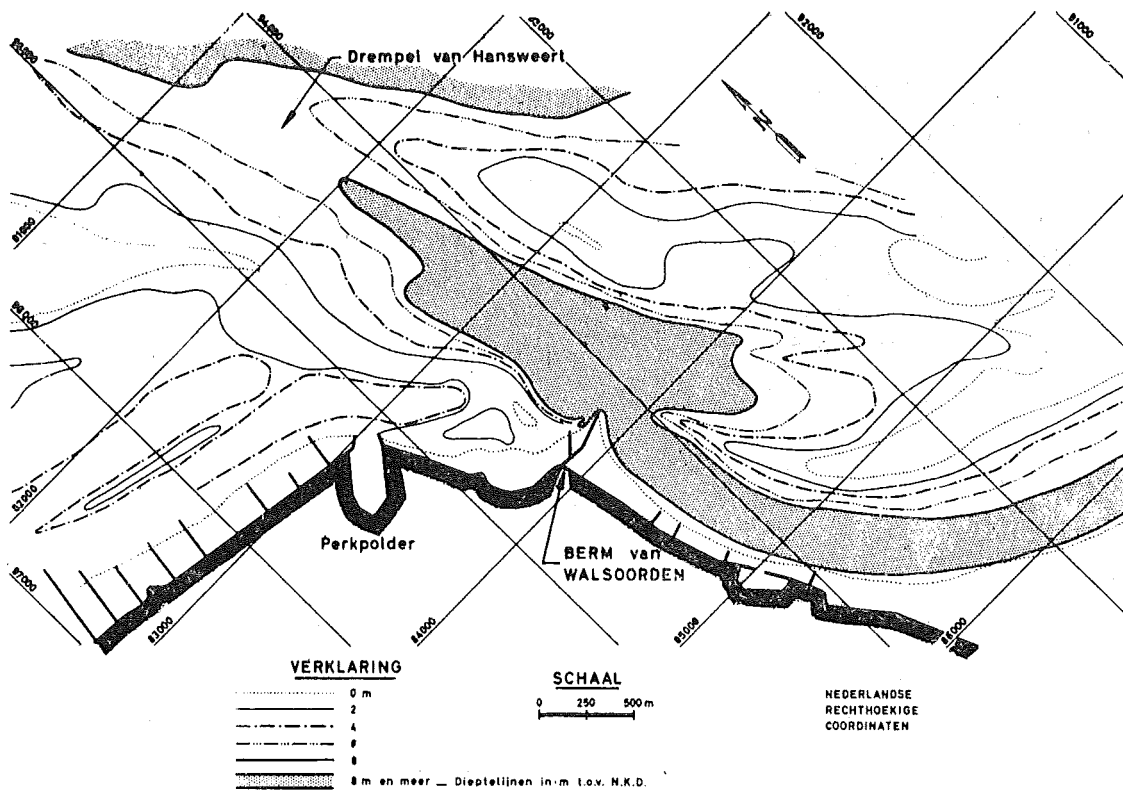
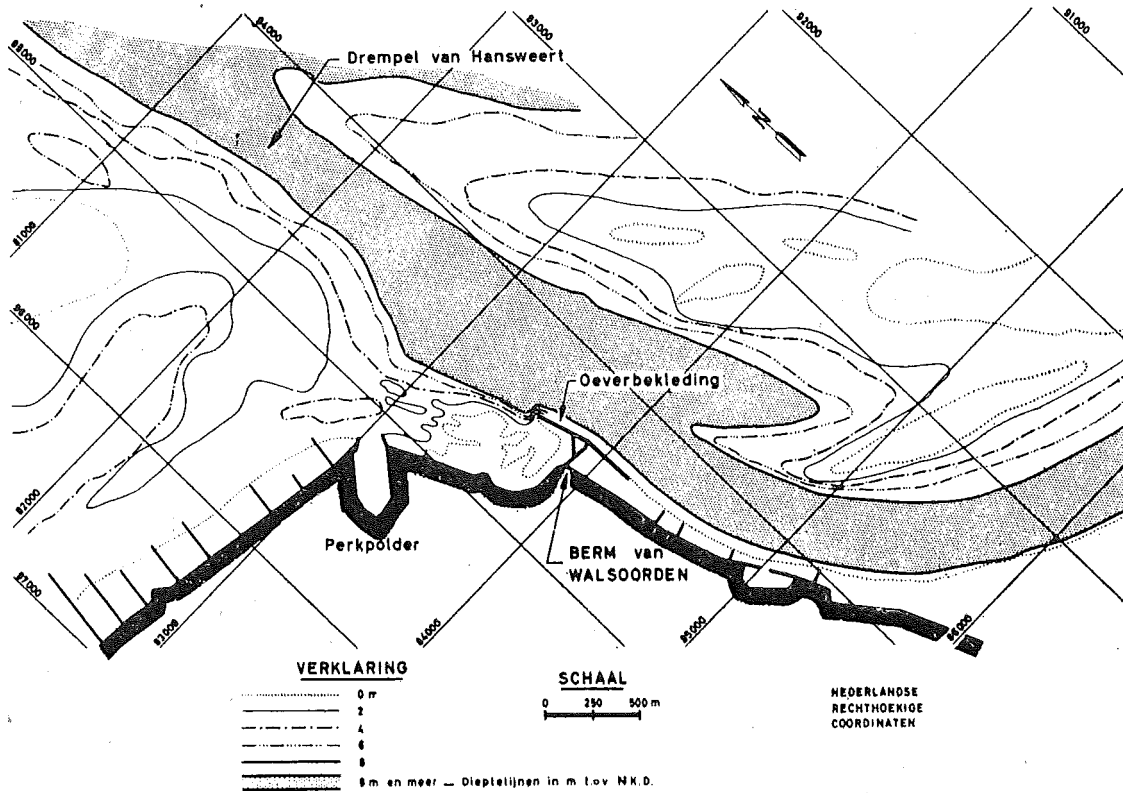


Fig. 19. Schelde — Verbetering van de Bocht van Walsoorden. Huidige toestand en onderzochte ontwerpen



Dieptelijnen in de bestaande toestand,



Dieptelijnen bij ontwerp 3.

Fig. 20. Schelde — Verbetering van de Bocht van Walsoorden. Verdieping van de drempel van Hansweert bij ontwerp 3

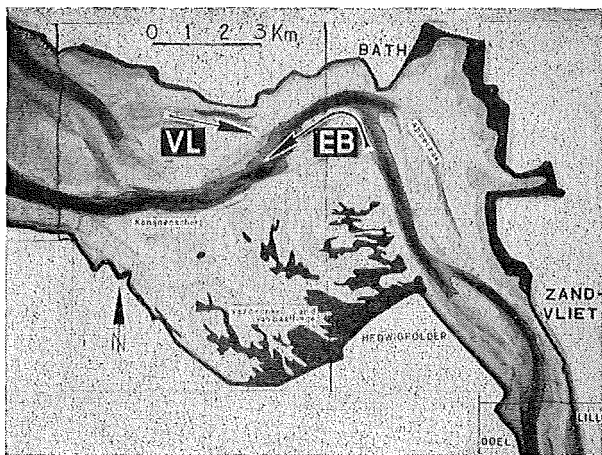


Fig. 21. Schelde — Maquette van de omgeving van Bath

De oevertaanval afwaarts van de berm is in ontwerp 1 belangrijk groter dan in ontwerp 3.

Tegen ontwerp 2 pleiten de grote uitvoeringskosten, daar de kribben in diep water moeten gebouwd worden en de koppen der kribben zeer sterk moeten worden verdedigd.

Ontwerp 3 blijkt derhalve het meest voor uitvoering aangewezen.

Op te merken valt dat in dit ontwerp de berm niet meer uitspringt ten opzichte van het algemene verloop van de oever opwaarts. Aan weerszijden van de berm dient een oeverbekleding aangebracht te worden. De lengte van de inkorting bedraagt ongeveer 125 m.

De Nederlandse Rijkswaterstaat gaat akkoord met de uitvoering van dit ontwerp en de plans en het bestek

voor deze werken nemen volledig de voorstellen van het Laboratorium over.

We zullen nu overgaan tot de bespreking van de tweede en voornaamste studie die op het grote Scheldemodel uitgevoerd werd, namelijk de verbetering in de omgeving van Bath.

7. VERBETERING VAN DE OMGEVING VAN BATH

1. Kenmerken van deze omgeving

De omgeving van Bath, door fig. 21 aangegeven, heeft de volgende nadelen :

- de baggerwerken, om er de nodige diepte te behouden, zijn uiterst omvangrijk en dus kostbaar ;
- de schepen zijn bij sterke vloed op sommige plaatsen aan gevaarlijke dwarsstromen blootgesteld ;
- de bocht van Bath is zeer uitgesproken, met daarbij een te geringe breedte, hetgeen de vaart der diepliggende schepen bemoeilijkt.

De evolutie van het platen- en geulenstelsel van Bath is goed gekend en haar periodiciteit kan nauwkeurig gevolgd worden. Wel dient er een onderscheid gemaakt te worden tussen de evoluties welke zich natuurlijk konden ontwikkelen, dit is vóór 1929 wanneer er nog geen regelmatige onderhoudsbaggerwerken werden uitgevoerd, en deze die zich voordoen sedert er bestendig gebaggerd wordt.

Vóór 1929 ontwikkelde de Schaar van de Noord zich door uitbochten van deze geul naar het noorden en met verdwijning van de Plaat van Saaftinge in het Nauw van Bath. Bij een dergelijke evolutie ontwikkelt zich op een bepaald ogenblik een hoogliggende rug

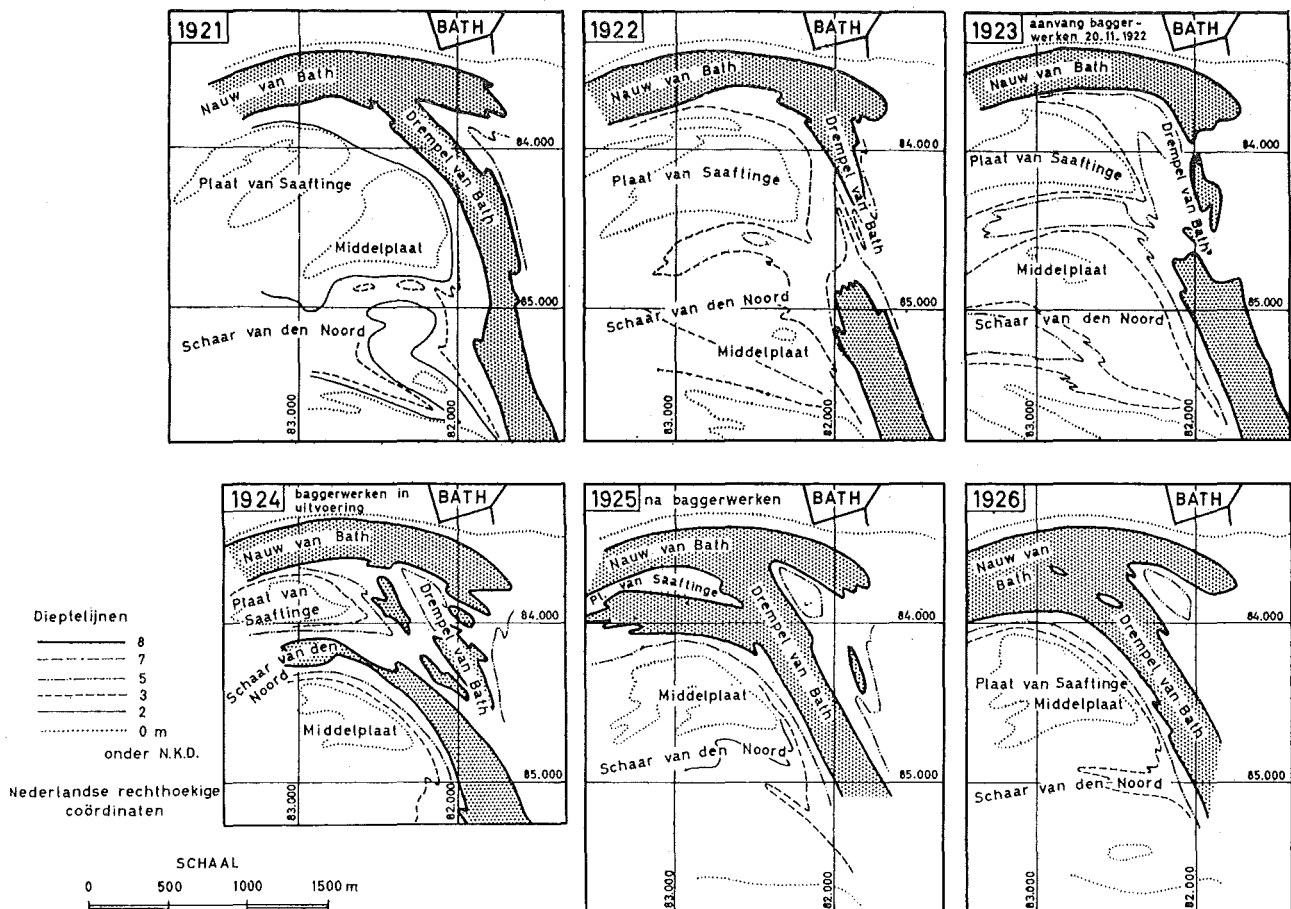


Fig. 22. Schelde — Omgeving van Bath. Evolutie 1921-1926

tussen het Nauw van Bath en de uitbochtende Schaar van de Noord, waardoor de diepte op de drempel van Bath aanzienlijk vermindert. Figuur 22 geeft een dussdanige evolutie over de jaren 1921-1926.

De baggerwerken, sedert 1929 bestendig uitgevoerd, werken drempend op het uitbochten van de Schaar van de Noord gedurende het laatste stadium der evolutie, zodat deze zich niet meer volledig ontwikkelen kan. In stede van verder uit te diepen gaat de gevormde Schaar opnieuw verzanden. De periode, waarbij de drempel van Bath verzandt, wordt hierdoor vermeden. Fig. 23 geeft een dergelijke evolutie over de jaren 1948-1953.

De periodiciteit der evolutie bedraagt gemiddeld circa drie jaar.

2. Ijking van het model

Het vak van het Scheldemodel dat in beweegbare bodem aangebracht werd, strekt zich uit vanaf afwaarts Valkenisse tot Lillo (fig. 24).

Er kan aangenomen worden dat het model gelijkvormig met de natuur zal zijn wanneer, vertrekkende van een ingebrachte kunstmatige toestand — dit is de toestand van de rivierbedding op een bepaald tijdstip na 1929 — het model naar de natuurlijke toestand evolueert en de verplaatsingen van geulen en zandbanken, welke alsdan in het model optreden, dezelfde zijn als deze van de rivier in haar natuurlijke toestand.

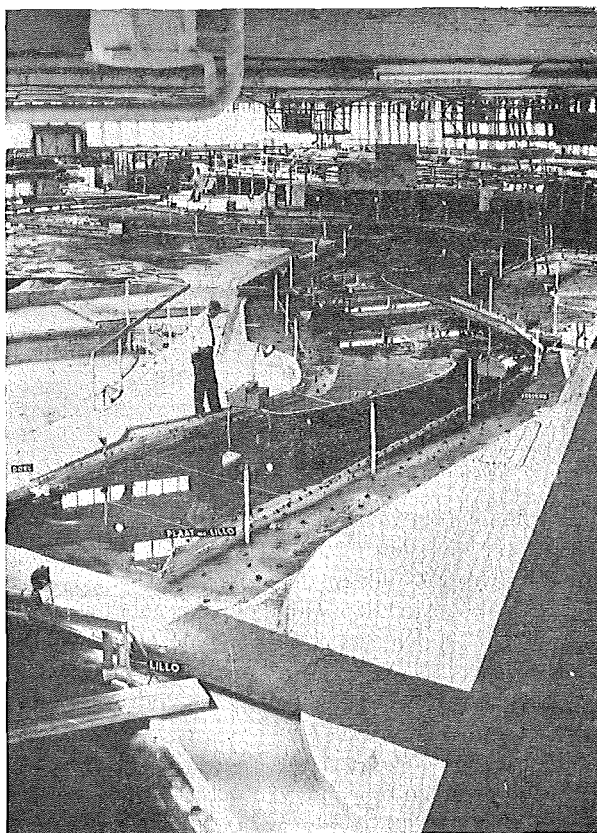


Fig. 24. Schelde — Verbetering van de omgeving van Bath. Vak van het model in beweegbare bodem

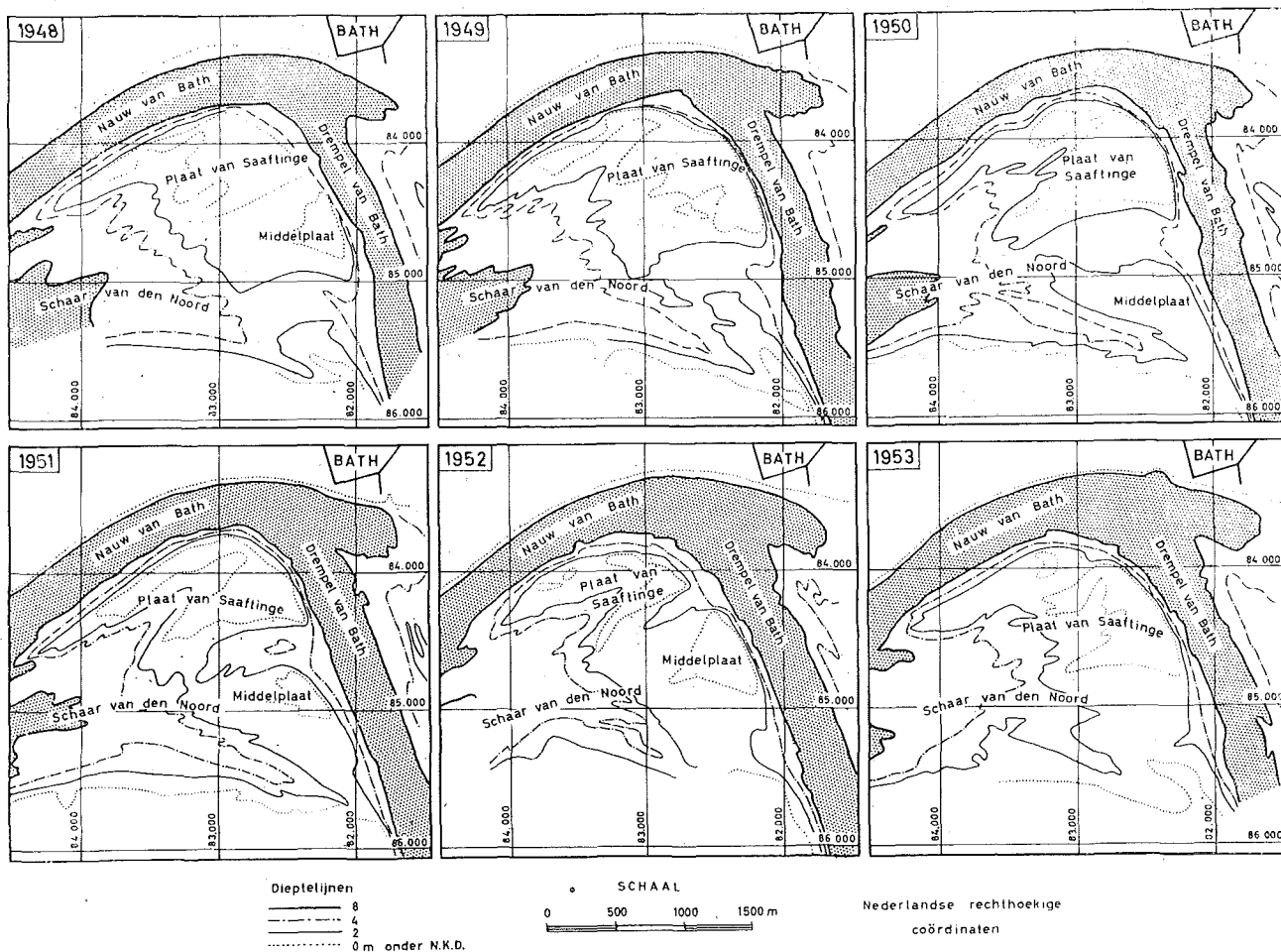


Fig. 23. Schelde — Omgeving van Bath. Evolutie 1948-1953

Een dergelijke ijkingsmethode wordt 'historische methode' geheten.

De evolutie van de rivierbedding is het gevolg van het op elkaar volgen van de meest uiteenlopende getijden. De systematische studie op model van verschillende karakteristieke getijden heeft aangetoond, dat de gelijkvormigheid met de natuur bekomen wordt door een opeenvolging van 12 gemiddelde getijden, zonder bovendebiet, gevolgd door driemaal een bepaald springtij met een viervoudig gemiddeld bovendebiet.

Als uitgangstoestand van elke ijkingsproef werd de toestand van de rivierbedding die in het jaar 1955 voorkwam, aangenomen.

De periodiciteit van de waargenomen evoluties in het model bedraagt gemiddeld circa 45 getijden. Wanneer wij dit vergelijken met de periodiciteit optredend in de natuur, zijnde gemiddeld circa 3 jaar, heeft deze ijkingsmethode het middel bezorgd de tijdschaal van het bodemtransport te kennen, namelijk circa 1/1500. De kennis van deze transportschaal zal toelaten de toestand van de rivier te voorzien wanneer er zekere normalizatiowerken zullen aangebracht worden.

3. De bestudeerde voorontwerpen

De verschillende voorontwerpen, opgemaakt voor de verbetering van de rivier in de omgeving van Bath, werden achtereenvolgens op het model onderzocht.

De eerste fase van het modelonderzoek bestond er in deze mogelijke oplossingen in grote lijnen te bestu-

ren en te vergelijken, zonder aandacht te besteden aan details.

De voorontwerpen kunnen in drie categorieën ingedeeld worden naargelang van het voorgestelde tracé van de vaargeul.

a. Voorontwerpen van de eerste categorie (fig. 25)

Het algemene tracé van de vaargeul wordt behouden en de verbetering gebeurt geleidelijk.

b. De voorontwerpen van de tweede categorie (fig. 26)

In het gebied Zandvliet-Valkenisse wordt een nieuw tracé aan de vaargeul gegeven. Het huidige aantal inflectiepunten wordt nochtans behouden. Ofwel volgt het algemene tracé van het vaarwater de vloedgeul van de Schaar van de Noord (ontwerp A) ofwel deze van de Appelzak (ontwerp B).

c. De voorontwerpen van de derde categorie (fig. 27)

In het gebied Zandvliet-Valkenisse wordt het huidige tracé van het vaarwater vervangen door één enkele grote bocht, die een verbinding vormt van het vaarwater aan de overloop van Valkenisse (ontwerp A) ofwel van het vaarwater aan de ingang van de Appelzak (ontwerp B) met de bocht van Zandvliet. De inflectiezones en dus de drempels van Bath en Zandvliet verdwijnen.

Deze voorontwerpen zijn slechts schematisch voorgesteld op de figuren. Zij dienen aangevuld te worden met:

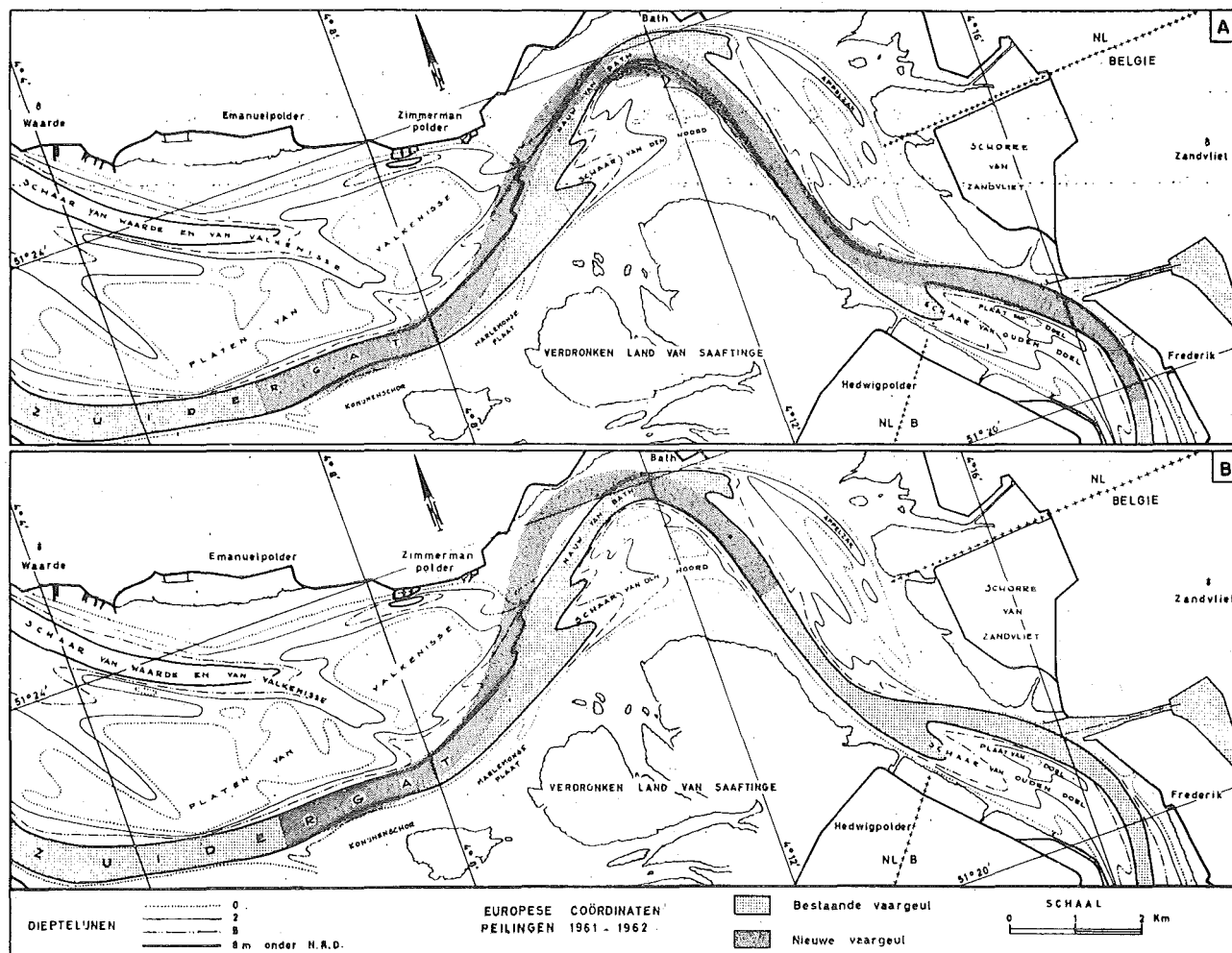


Fig. 25. Schelde — Verbetering van de omgeving van Bath. Voorontwerpen van de eerste categorie

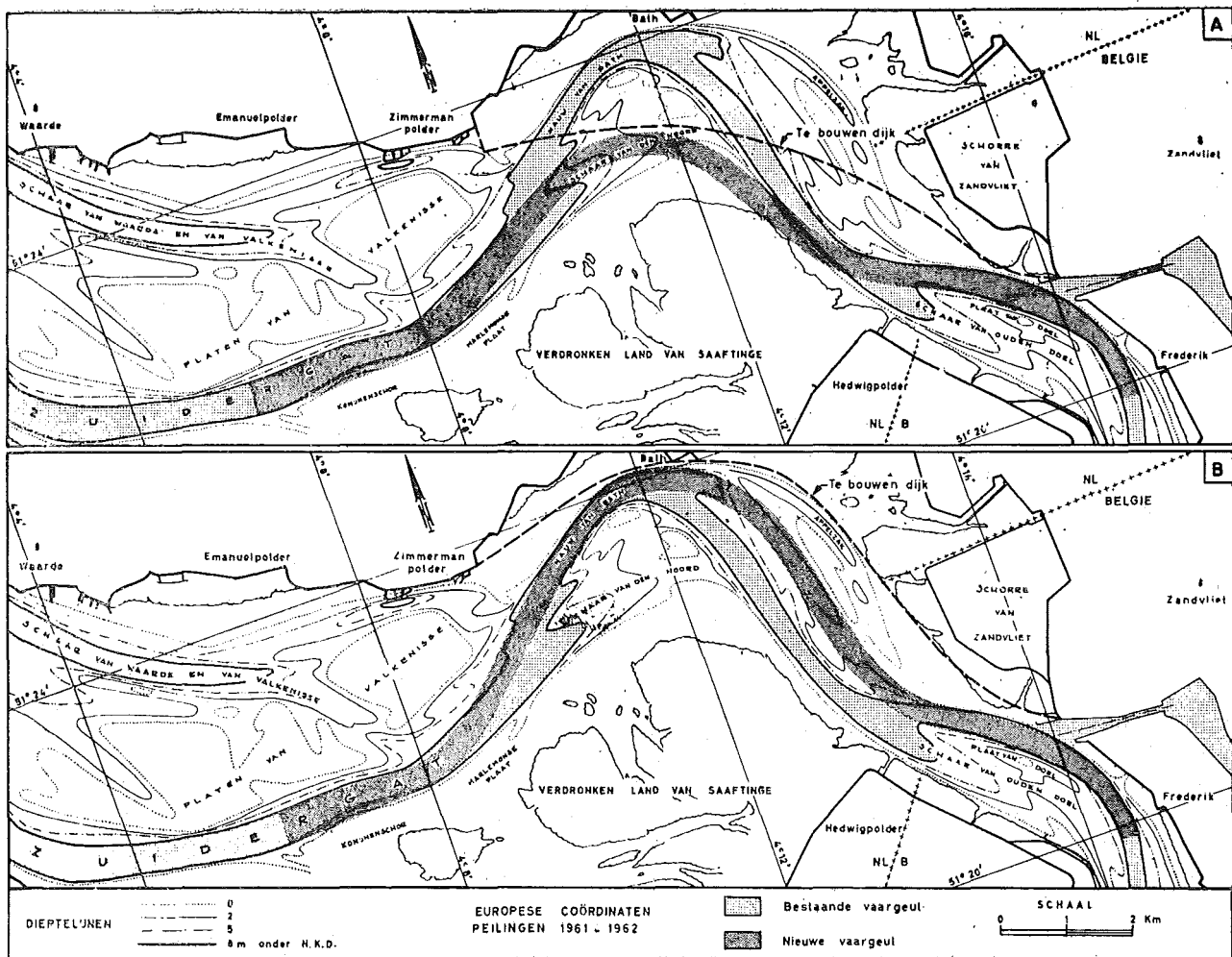


Fig. 26. Schelde — Verbetering van de omgeving van Bath. Voorontwerpen van de tweede categorie

- taludbevestigingen langs de holle zijde van de geulen ;
- langsdijken of kribben om de vloedstroom zoveel mogelijk te beteugelen en de ebstroom in het hoofdvaarwater te concentreren ;
- leidammen om de zijdelingse kombergingsvolumes in de hoofdgeul te brengen.

4. Uitslagen der proeven

a. Voorontwerpen van de eerste categorie (fig. 25)

Het ontwerp A brengt een aanmerkelijke verbetering van de vaargeul mede, niet alleen voor wat haar geometrische afmetingen aangaat, maar tevens ook voor wat het stromingsbeeld betreft. Door het vastleggen van de holle oever van de bocht van Bath en van de platen van Saafthinge, wordt namelijk bekomen dat het uitwerken van deze platen in noordoostelijke richting bestreden wordt en de natuurlijke evolutie van het platen- en geulstelsel van Saafthinge zich niet meer ontwikkelen kan. De toestand te Bath wordt stabiel en zal gemakkelijk kunnen onderhouden worden. De diepte in het model, op de drempel verkregen, komt overeen met diegene die zich voordoet in de natuur in de gunstigste periode der evolutie. Verder is de kromtestraal van de bocht van Bath verdubbeld, de vaargeul is verbeterd, zowel opwaarts als afwaarts van Bath, en de intensiteit der dwarsstromen wordt aanzienlijk verminderd.

Het voorontwerp B is een variante van het vorige. De vaargeul wordt in een ruime bocht door de schorren van Bath-Zimmerman doorgetrokken om het hoofdvaarwater Marlemonsche Plaat-Konijnenschor te vervoegen. De proeven wezen uit dat de natuurlijke tendens bij de evolutie van het platen- en geulstelsel van Saafthinge veel meer uitgesproken is en dat de beteugelingswerken bijgevolg veel aanzienlijker hoefden te worden dan voor het ontwerp A. Voor wat het algemene tracé betreft en de daarmee gevonden geometrische afmetingen van de vaargeul, geeft deze oplossing resultaten welke deze van het ontwerp A niet evenaren. Verder is het stromingsbeeld ook eerder ongunstig.

b. Voorontwerpen van de tweede categorie (fig. 26)

De uitslagen van deze reeks proeven toonden aan dat deze oplossingen geen gunstige resultaten opleveren, evenmin op gebied van de afmetingen van de vaargeul als voor hetgeen de stromingen aangaat.

Bij het ontwerp A vermindert de breedte van de vaargeul, niettegenstaande aan de bocht van Bath een grotere kromtestraal gegeven werd. Dit is te wijten aan de verzwarende van het naar opwaarts gerichte zandtransport veroorzaakt door een toeneming van de vloedstromingen. De toestand op de drempel van Bath is wel in enige mate verbeterd voor wat de diepten aangaat ; echter trekken zware dwarsstromingen, bij vloed, over deze drempel. Een ander ongunstig feit is de zeer labiele zone welke geschapen wordt tussen

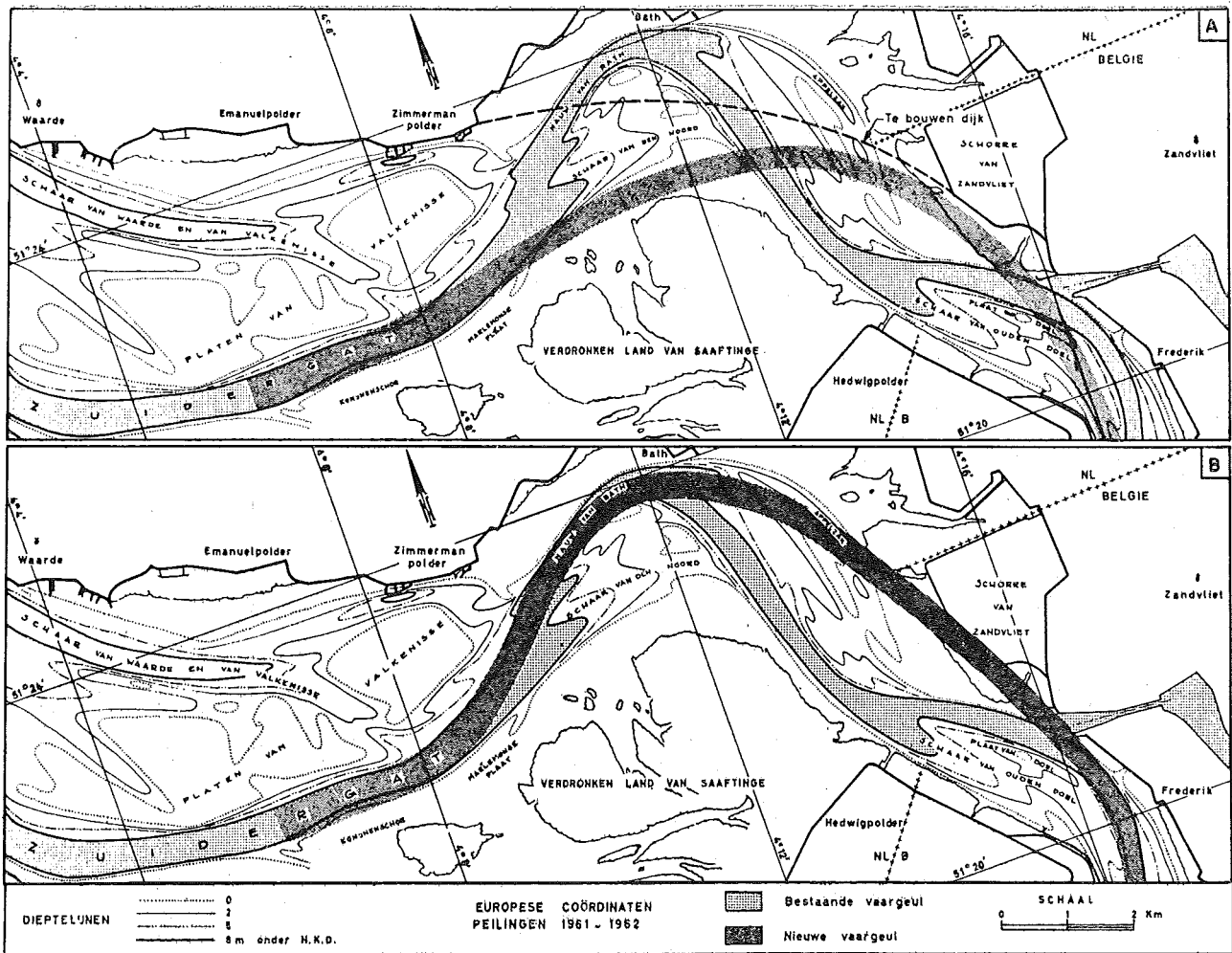


Fig. 27. Schelde — Verbetering van de omgeving van Bath. Voorontwerpen van de derde categorie

Zandvliet en Bath, daar slechts een vrij korte afstand beschikbaar is voor het inlassen van de tegenbocht, welke de nieuwe bocht van Bath met de bocht van Zandvliet moet verbinden. Verder verplaatst zich de drempel van Zandvliet enigszins meer naar opwaarts en de toestand van deze drempel is niet verbeterd.

De uitslagen der proeven op het ontwerp B kwamen in grote lijnen met deze van ontwerp A overeen. Het naar opwaarts gerichte zandtransport werd nog vrij aanzienlijker tegenover het transport naar afwaarts. De tegenbocht tussen Bath en Zandvliet was nu nog korter en dus labieler geworden. De drempel van Zandvliet is ongunstiger dan in de huidige toestand en daarbij nog meer naar opwaarts gelegen. Verder treden bij vloed vrij zware dwarsstromen in het vaarwater op aan de opwaartse uitloop der Ballastplaat, juist afwaarts de toegang tot de sluis van Zandvliet. Fig. 28 geeft de modeltoestand met het ontwerp B, juist voor de aanvang van de proef; het water staat circa op het peil $-8,00$ NKD, zodat de foto het tracé van de vaargeul aanduidt.

De oplossingen A en B brengen in hoofdzaak een verbetering van de hoogwaterbedding mede, terwijl er telkens moet naar gestreefd worden, bij normalisatiewerken, vooral de laagwaterbedding te verbeteren.

c. Voorontwerpen van de derde categorie (fig. 27)

Het ontwerp A verbetert aanzienlijk de vaargeul afwaarts van de sluis te Zandvliet.

De gunstige uitslagen der proeven zijn de volgende :

- De breedte en de diepte van de vaargeul in de nieuwe geschapen bocht geven volledige voldoening.
- De aansluiting van deze bocht met de bestaande afwaartse verloopt gunstig. De drempel van Valkenisse is naar afwaarts verplaatst en is dieper geworden.
- De stroombanen volgen de bochtvorm buitengewoon goed, zowel bij eb als bij vloed, en het gevaar voor dwarsstromen bestaat niet meer.
- Het wegvallen van de inflectiezones van Bath en Zandvliet heeft voor gevolg dat de aanzienlijke baggerwerken, die aldaar in de huidige toestand moeten uitgevoerd worden, zullen verdwijnen.

Onderzoeken wij nu de ongunstige resultaten :

- De aansluiting opwaarts van de grote bocht met de bocht van Doel zal aanzienlijke geleidingswerken vergen.
- De diepten in het vaarwater, juist voor de toegangseul van de sluis van Zandvliet, verminderen en het is te vrezen dat aanzanding in deze toegangseul zal optreden.
- De hoek gevormd door de as van de sluis met de as van de vaargeul, welke in de huidige omstandigheden 30° is, zal ongeveer 60° worden.

Ten aanzien van deze uitslagen werd het ontwerp B niet onderzocht.

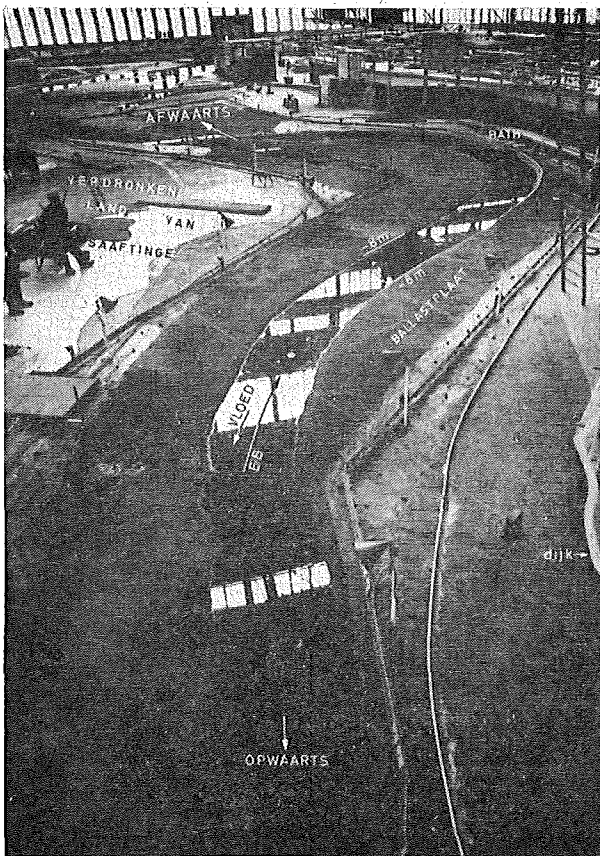


Fig. 28. Schelde — Verbetering van de omgeving van Bath. Modeltoestand met het voorontwerp B van de tweede categorie juist voor de aanvang van de proef

5. Konklusies

— Oplossingen in de aard van fig. 26 zijn definitief te verwerpen.

— Het ontwerp A van de eerste categorie (fig. 25) is beter dan ontwerp B.

— De uitvoering van dit ontwerp A kan geleidelijk gebeuren en zal een vlugge verbetering van de bevaarbaarheid voor gevolg hebben.

— De uitvoering van het ontwerp A van fig. 27 stelt grote problemen, vooral daar men moet rekening houden met het feit dat de scheepvaart noch onderbroken, noch gehinderd mag worden.

Dientengevolge werd het Laboratorium belast het ontwerp A (fig. 25) aan een grondig en meer in detail doorgevoerd onderzoek te onderwerpen.

6. Proeven op het ontwerp dat weerhouden wordt

a) De uit te voeren werken

Fig. 29 geeft de werken aan welke dit ontwerp omvat:

— Het aanleggen van strekdammen aan de opwaartse uitloop van de vloedgeul van de platencomplexen van Doel, Ballastplaat, Saftinge en Valkenisse, welke de vloedstroom gedeeltelijk beteugelen en deze naar de overloop van de bestaande ebgeul leiden. Hierbij wordt bovendien de ebstroom meer in het hoofdvaarwater gekoncentreerd en daardoor, ingevolge de toename van het zandtransportvermogen, wordt een grotere uitschuring in de vaargeul verwezenlijkt; bijgevolg worden grotere natuurlijke diepten in stand gehouden. De hogervermelde strekdammen leggen de

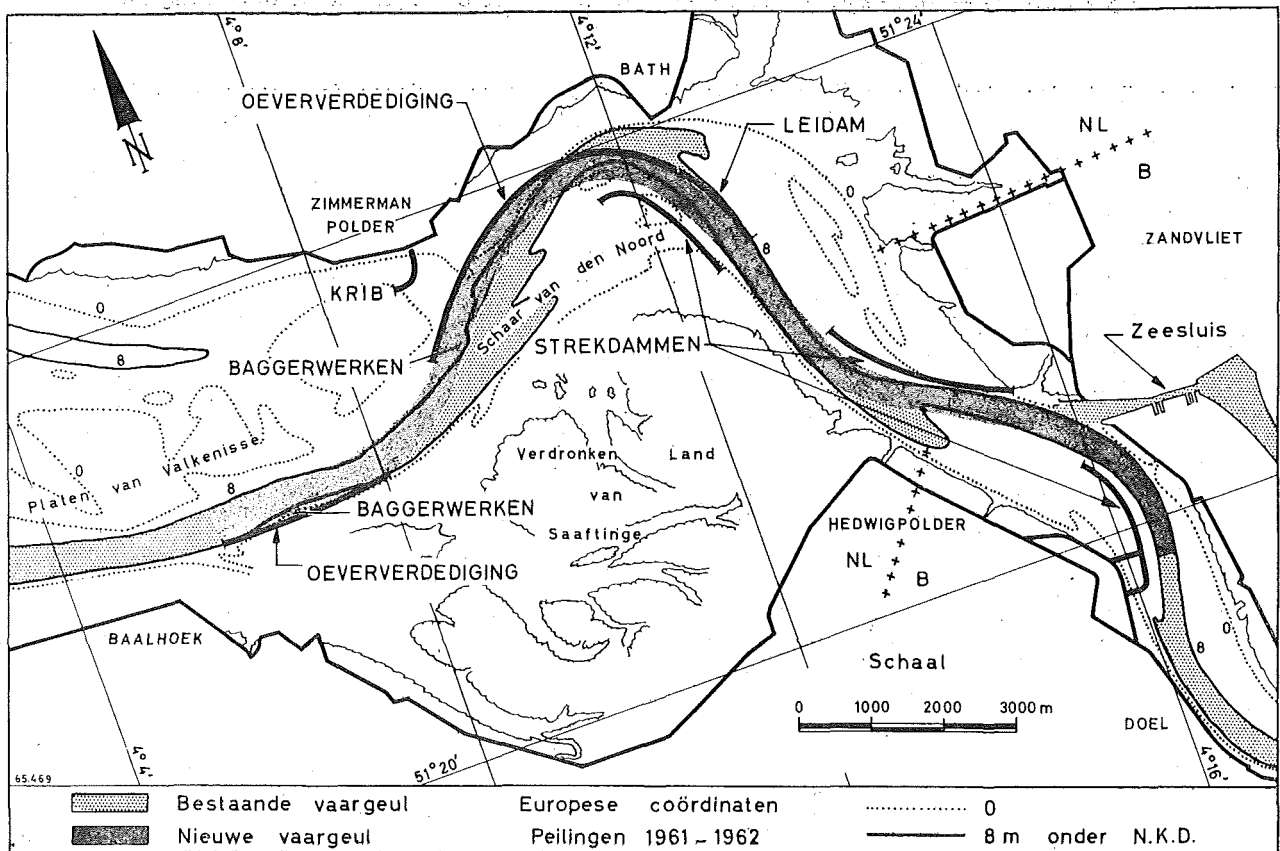


Fig. 29. Schelde — Verbetering van de omgeving van Bath. Het ontwerp dat weerhouden werd met aanduiding der uit te voeren werken

platengebieden vast en voorkomen het vormen van doorlopende sekundaire ebeulen in deze platenstelsels, welke in hun natuurlijke toestand evoluties vertonen welke een zeer nadelige invloed hebben op het behoud van het vaarwater.

— Het doortrekken van de bocht van Bath doorheen de bestaande slikke Bath-Zimmerman ter hoogte van het Nauw van Bath verschaft een grotere kromtestraal aan deze thans zeer scherpe bocht.

— Het doortrekken van de holle oever van de bocht van Bath langsheen de Appelzak door middel van een leidam geeft aan deze bocht een kontinu verloop, verruimt de bochtvorm, concentreert de ebstroom meer in het vaarwater en draagt bij tot het bestrijden van het uitwerken der Plaat van Saafginge in de noord-oostelijke richting.

— Het wegnemen van de uitsprong onder de linker-oever ter hoogte van de Marlemonsche Plaat, ten einde een kontinu verloopende holle oever te verkrijgen en zodoende een regelmatiger vaarwater, heeft bewezen gunstig te zijn voor het behoud der diepten op de drempel van Valkenisse.

— Taludbevestigingen zijn nodig langs de holle zijde van de bocht van Bath en ter hoogte van de Marlemonsche Plaat, ten einde een verdere erosie te verhinderen en de vaargeul in een definitieve vorm vast te leggen.

Er mag aangenomen worden dat het uitvoeren van het ontwerp voor gevolg hebben zal dat :

- het mogelijk zal zijn de huidige diepte van de vaargeul in stand te houden met onderhoudsbaggerwerken van aanzienlijk mindere omvang dan deze welke thans noodzakelijk zijn. Mits het uitvoeren van onderhoudsbaggerwerken van gelijke omvang als de huidige zal een grotere diepte in de vaargeul kunnen in stand gehouden worden ;
- de scheepvaart minder hinder zal ondervinden van dwarsstromen optredend tijdens de vloed ;
- deze scheepvaart in de ruimere bocht van Bath gemakkelijker en veiliger geschiedt zal.

b) Verdere studie van het ontwerp

De gedetailleerde studie van het ontwerp had betrekking op de aard, de juiste inplanting en de hoogtepelen op dewelke de werken moeten aangebracht worden.

Eerst werd de leidam onder de holle oever van de bocht van Bath onderzocht. Deze dam komt in heel diep water te liggen (15 à 20 m onder gemiddeld laagwater). Daarom werd nagegaan of het niet mogelijk was de continuïteit en de bochtgeleiding te bewaren wanneer deze dijk over een zekere lengte onderbroken wordt (fig. 30).

Het was trouwens niet aangewezen ter hoogte van Bath met een leidam de ingang tot de Appelzak af te sluiten, dit in verband met toekomstplannen ; het was beter deze vloodschaar af te snijden in een punt verder opwaarts gelegen. De proeven werden daarom uitgevoerd met deze leidam aangelegd aan het afwaartse uiteinde van de Ballastplaat, daarbij de ingang tot de Appelzak over een lengte van circa 1000 m open houdend. De werken aan de afwaartse zijde van de Ballastplaat werden steeds zo opgevat, dat elke stroming doorheen de Appelzak uitgesloten was ; de Appelzak wordt dus een tijarm van de Schelde.

Verschillende vormgevingen van de toegang tot deze tijarm, alsmede de maximaal toelaatbare onderbreking in deze leidam werden onderzocht. De proeven wezen uit dat, ingeval de onderbreking de 1000 m niet overschrijdt en mits een gepaste vormgeving aan de ingang, de continuïteit van de bocht niet verbroken wordt en de geleiding van de stroming doorheen deze bocht op dezelfde wijze geschiedt alsof de holle oever over gans de lengte continu doorloopt ; de rand van de Plaat van Saafginge wordt niet beïnvloed door de onderbreking en gaat niet in de noordoostelijke richting uitwerken.

Dit onderzoek gebeurde slechts met een homogene watermassa en zou later eventueel moeten hernomen worden met een niet homogene watermassa, daar zich eventueel densiteitsstromingen aan de ingang van deze

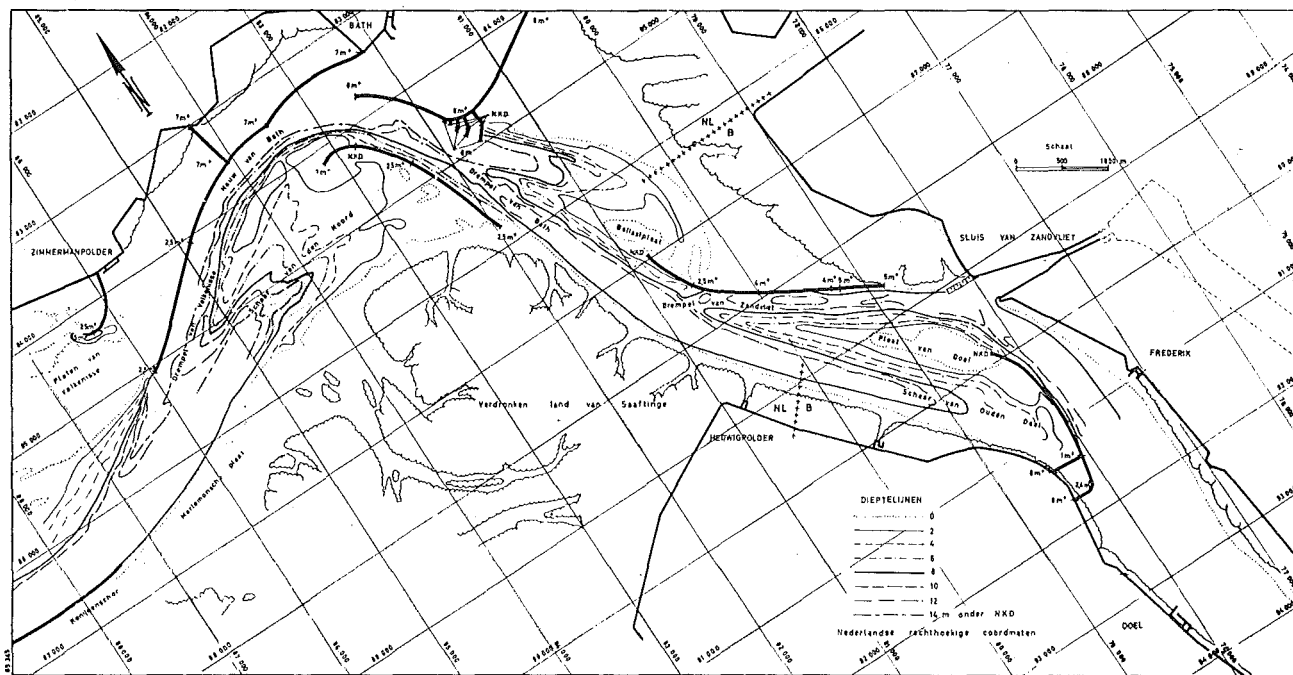


Fig. 30. Schelde — Verbetering van de omgeving van Bath. Het ontwerp dat weerhouden werd. Bodemconfiguratie na 315 getijden

tijarm kunnen voordoen, welke het stromingsbeeld en de bodemconfiguratie zouden kunnen beïnvloeden. Het is echter, onafgezien van deze beschouwing, mogelijk de geleiding van de holle oever doorheen de Appellzak over een lengte van ca. 1000 m te onderbreken, juist op de plaats waar we in de natuur af te rekenen hebben met heel grote diepten, hetgeen een aanmerkelijke besparing betekent.

Al de proeven wezen uit dat de invloed der werken zich vrij ver stroomopwaarts uitstrekt en dat bijgevolg de werken uitgevoerd in de omgeving van Bath een zekere ongunstige invloed hebben op het behoud van het vaarwater in de omgeving van de zeesluis te Zandvliet. Om hieraan te verhelpen werd bevonden dat het noodzakelijk was opwaarts de zeesluis te Zandvliet onder de linkeroever over de platen van Doel een

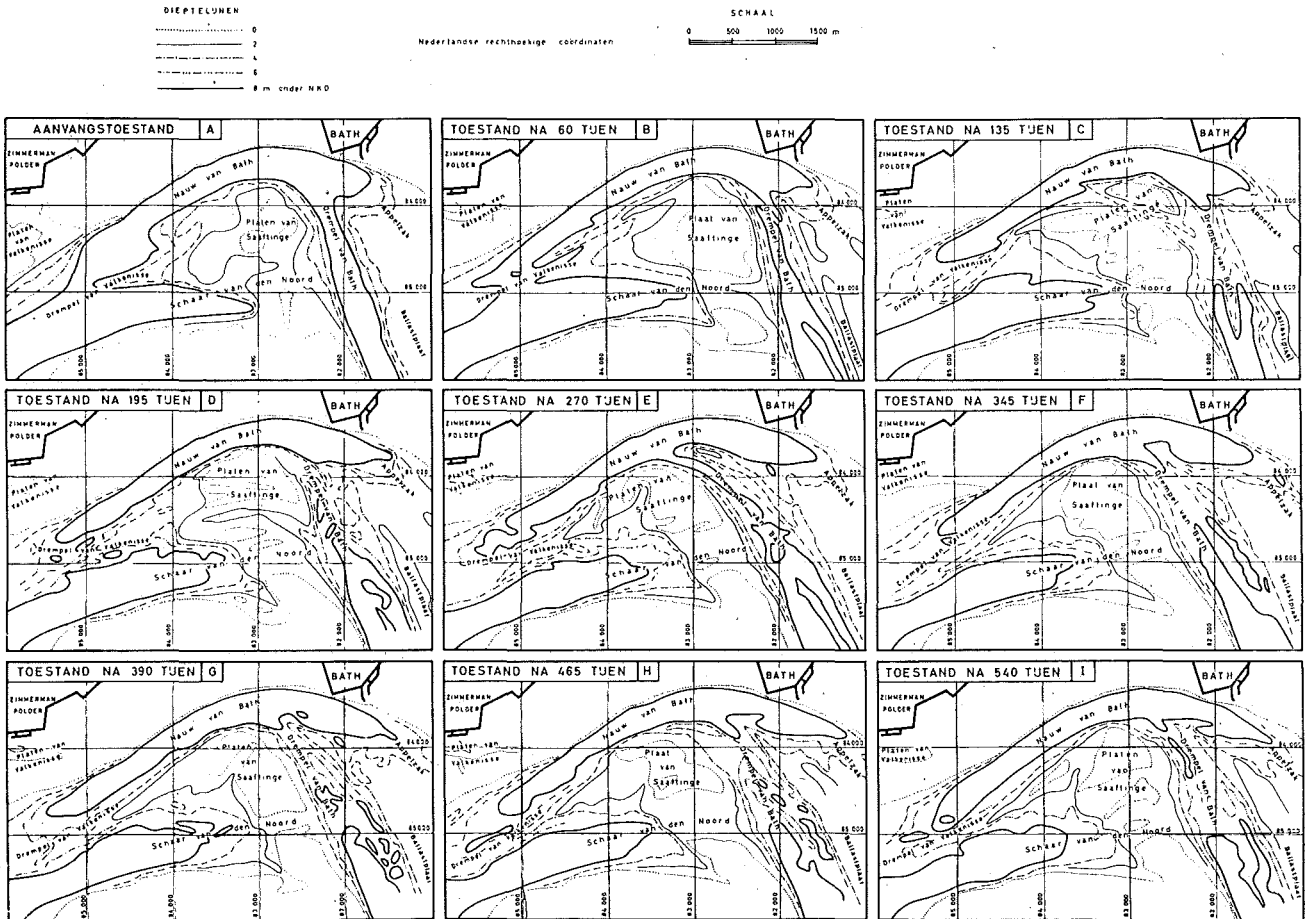


Fig. 31. Schelde — Omgeving van Bath. IJkingsproef

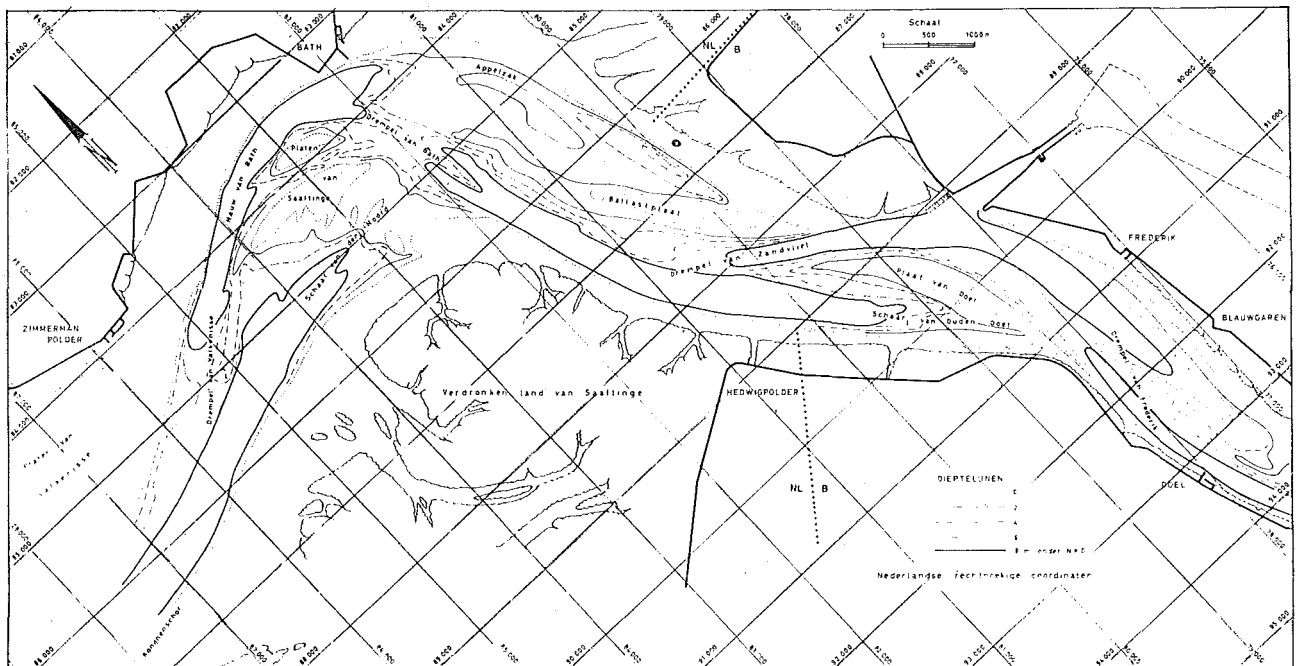


Fig. 32. Schelde — Omgeving van Bath. Bodemconfiguratie na 135 getijden

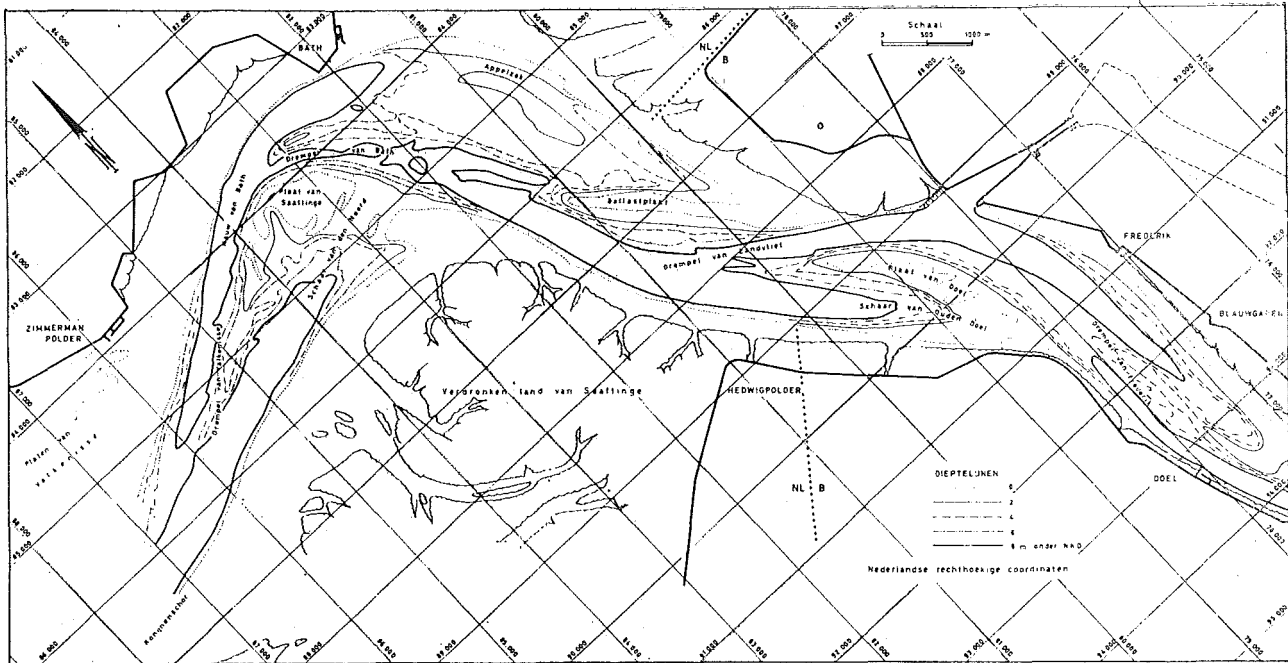


Fig. 33. Schelde — Omgeving van Bath. Bodemconfiguratie na 270 getijer.

strekdam aan te leggen. Deze strekdam moet lager dan de andere strekdammen voorzien worden.

De proeven hebben aangetoond dat praktisch gesproken geen wijziging in het tijregime zal optreden.

Fig. 30 geeft de uiteindelijke toestand van de rivier weer, na uitvoering der hierboven aangegeven verbeteringswerken, zoals deze bekomen werd na 315 tijnstromen in het model, toestand welke stabiel is.

De natuurlijke toestand van de rivier (labiele toestand) en de natuurlijke evoluties van het platen- en geulenstelsel van Bath, zoals deze werden weergevonden in het model en welke volledig natuurgetrouw waren, zijn weergegeven op fig. 31, 32 en 33.

Een vergelijking van deze figuren met fig. 30 geeft een duidelijk beeld van de merkbare verbetering van de vaargeul welke de werken voor gevolg zullen hebben. Het ontwerp vastgelegd zijnde, moet de volgorde voor het uitvoeren der verschillende delen onderzocht worden.

Deze laatste studie is aan gang. Zij heeft tot hertoe aangeduid dat de strekdam onder de linkeroever over de platen van Doel in eerste instantie dient aangelegd te worden (fig. 30).

8. STAND DER WERKEN IN DE NATUUR EN VERDERE STUDIES

Wat nu de verwezenlijking der verschillende werken aangaat is de toestand de volgende :

1. De verbetering bij de nieuwe sluis van Zandvliet is uitgevoerd en de in de natuur bekomen toestand komt goed overeen met diegene die de modelstudies hadden voorzien.
2. De werken bij Walsoorden zijn in uitvoering.
3. De werken in de omgeving van Bath werden on-

derzocht in de Nederlands-Belgische Technische Scheldekommissie die zich akkoord verklaard heeft met het ontwerp. In de eerste plaats zullen de kunstwerken op Belgische bodem uitgevoerd worden.

Aangaande deze werken heeft het Witboek, door de Antwerpse Scheepvaartvereniging in december 1963 uitgegeven, zich als volgt uitgedrukt :

‘De door het Waterbouwkundig Laboratorium voorgestelde oplossing biedt onbetwistbare voordelen, zoals een betrekkelijk bescheiden kostprijs, de vlugge voltooiing van de werken, de mogelijkheid deze op elk ogenblik stop te zetten of te verbeteren, een geleidelijk rendement vanaf het begin, geen hinder voor de scheepvaart.

Bij ons weten bestaat er geen enkele andere oplossing die gelijktijdig deze voordelen biedt.’

De studies aangaande het zo belangrijke vraagstuk, niet alleen voor Antwerpen maar voor heel België, van de verbetering van de toegang tot de haven voor het ontvangen van steeds grotere schepen, worden onverpoosd voortgezet.

Het eerste stadium, namelijk datgene dat door het uitvoeren der besproken werken zal bereikt worden, is de bevaarbaarheid voor schepen van minstens 65 000 tdw te verzekeren.

Doch deze tonnenmaat dient verhoogd te worden.

De oplossingen hiervoor moeten noodzakelijkerwijze rekening houden met het bestaan van het Scheur (fig. 11), dat aanzienlijk moet uitgediept worden en met de volgende feiten :

- een toegang zal moeten gebouwd worden voor de uitbreiding van de haven op de Linkeroever ;
- indien in de toekomst een nieuwe toegang op de rechteroever moet voorzien worden, moet deze zich bevinden afwaarts van de sluis van Zandvliet, die reeds bij de grens ligt.